雙月刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO.178
2019 JUNE

谷歌將在臺灣打造魚塘太陽光電場

福島事故的原因是地震 還是海嘯？

國際間乾式貯存設施介紹

波蘭學者呼籲德國應終止廢核政策

什麼是放射性和輻射？

為了健康 吃土吧

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER
NO. 178
2019.06 雙月刊

編者的話

在地球村的概念下，每個國家已經很難單純地管理自己國內的事務，幾乎每項政策或多或少會影響到周邊鄰近的國家，也就是很難獨善其身，或獨惡其身。

日本福島事故迄今 8 年，影響範圍擴及全球，然而受害最深的當屬我國。即使日本因為替代能源成本太高淘空國庫，結束「零核電」狀態，目前已經有 9 座核電機組恢復運轉；然而我國能源政策卻未受影響，仍堅持要非核家園，這非核家園的經典典範則是效法自遙遠的德國。弔詭的是，日本與我國都屬島國，獨立式電網必須自給自足，能源資源貧瘠，都必須高度依賴進口能源，相似度超過 95%；而位處歐洲大陸中心的德國，與歐洲電網相連可互通有無，能源礦藏豐富，與我國相似度實在看不出來。而我們選擇效法的對象，是德國。

德國想獨善其身自己非核，但是鄰居不願意。近百名波蘭環保主義者和科學家，向德國政府與人民寫了一封公開信，希望他們能夠重新考慮非核家園政策：「親愛的德國，我們是你們鄰國的公民，身為歐盟成員的科學家和文化人，我們意識到全球氣候變遷將導致生物圈面臨前所未有的威脅，我們懇請貴國政府能夠重新考慮核電廠全面除役的決定。」

波蘭的環保主義者認為，只有大幅度降低二氧化碳排放量才能阻止這場浩劫，在這項全球性的工作中，核電占了重要的一環。不使用核能，必然是燃燒煤碳或是天然氣。即使天然氣排碳量較少，但是不能提供預期的快速有效的減碳成果。

德國自己廢核，但是左鄰右舍的法國、捷克樂得使用核電，德國也經常因用電告急，還向鄰居們周轉核電來用。同樣的，我國如火如荼的推動非核家園，左近的中國，目前有 45 座反應爐在運轉中，右方的韓國有 24 座機組，加上日本，我們身邊有將近 80 座核電機組環繞。有任何風吹草動，我們都是命運共同體，在全球氣候變遷如脫韁野馬的勢頭下，沒有一個國家可以獨善其身，只要有一個國家獨惡，後果將要全球人類一同承擔。

目 錄

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
電子郵件：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、汪曉康、陳條宗、郭瓊文、劉仁賢、謝牧謙（依筆畫順序）

主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：長榮國際　文化事業本部
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：臺北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
臺灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

Google 谷歌將在臺灣打造魚塘太陽光電場

文 編輯室

- 谷歌（Google）最近在亞洲簽署了第一份綠色協議，這是一項在臺灣地區漁塘上方建造太陽能發電的計畫。
- 由於人口密度以及對可用土地的競爭，在亞洲建設水上太陽能發電計畫變得越來越普遍。
- 根據世界銀行 (World Bank) 的數據，全球漂浮式太陽能市場可能達到 4 億瓩。美國能源部（DOE）最近的一份報告指稱，美國漂浮式太陽能擁有可供應國家 10%能源的能力。



谷歌計畫在臺灣設置漂浮式太陽能發電，在魚塘上方安裝太陽能電池板。(圖片：谷歌公司)



位於雲林縣台西鄉的文蛤池結合立柱式光電養殖。(圖片來源:水產試驗所)

8 年前，谷歌公布了一項雄心勃勃的計畫—從美國紐約到維吉尼亞的大西洋上建造風力發電，不過這個巨大的「水下脊柱」計畫進展得相當緩慢；但是谷歌另外推動的第一座水面再生能源計畫，規模略小，預計在臺灣建造一系列魚塘水上太陽能電池板。這筆交易代表谷歌正式進入亞洲再生能源市場。

身為 Alphabet 子公司的谷歌，最近成為第一家根據 2017 年我國《電業法》進行收購再生能源的公司，該法案允許非公用事業公司購買再生能源。谷歌規劃在臺南市建置 1 萬瓩的太陽光電陣列，將在魚塘上方安裝桿子，桿頂裝有太陽能電池板。在水面上建造太陽光電的作法，被稱為漂浮式太陽光電，或「flotovoltaics」，現在變得越來越流行。

2018 年，中國在一個曾經是煤礦的湖上建造了全世界最大的漂浮式太陽光電場，它包括 166,000 個太陽能電池板，發電容量為 4 萬瓩，可提供 15,000 個家庭用電。世界經濟論壇（The World Economic Forum）報告表示，到 2020 年，中國預計將增加全球 40%的新太陽光電板。日本則是漂浮式太陽光電裝置的全球領導者，自 2007 年首次建成以來已完成了 60 多個計畫。

谷歌的魚塘計畫與許多水上太陽能發電不同，後者利用浮橋等結構使太陽能電池板能直接浮在水面上。據該公司發言人表示，雖然可以將太陽能電池板直接設置在養魚場的水面—這已經在谷歌的其他海外計畫中完成，臺灣地區計畫開發團隊還沒有決定如何將太陽能電池板放置於水面上。谷歌目前專注於將太陽能電池板懸掛在長桿上方的作法，此一概念被稱為「頂



漂浮式太陽能 (圖片來源 : 維基百科)

板（canopy）系統」。

由於遮擋陽光的太陽能面板可減少水分的蒸發，因此成為漂浮式太陽光電的關鍵優勢。谷歌的設計因為採用高架面板，為魚類提供了較佳的遮蔭空間，可以提高漁獲產量。這項發現是來自臺灣農業委員會漁業研究所所進行的一項實驗。

漂浮太陽能也具有補給的優勢，它們可以放置在水力發電廠現有的輸電基礎設施附近，靠近電力需求的中心。

美國遠遠落後於亞洲

雖然美國在 2008 年時是開發首項漂浮太陽能計畫的國家之一，但現在卻已遠遠落後於亞洲。不過 2018 年 7 月，洛杉磯市給予凡諾曼（Van Norman）湖水庫的 1.16 萬瓩漂浮太陽能電場初期核准，但是後續面臨了更多的監管障礙。2018 年 10 月，在加州凱爾西維爾（Kelseyville）的一個污水處理池上，當地市政府完成了一個 252 瓩小型漂浮太陽能設施。

Ciel & Tierra 公司的業務開發經理 Chris Bartle 表示，越來越多的地方政府和土地所有者對漂浮太陽能有興趣，不論工業池塘、污水處理廠、農業池塘、污水處理廠和市有蓄水塘都有潛力。如獲得批准，在洛杉磯的計畫將是美國最大的漂浮太陽能發電計畫。

漂浮太陽能市場潛力驚人

根據世界銀行的報告，漂浮太陽能雖然仍遠遠落後於陸上太陽能，但是正在加速成長。已安裝的漂浮太陽能發電容量從 2016 年的 13.2 萬瓩增加到 2018 年的 100 萬瓩以上。而陸上的太陽光電系統在 2000 年即達到 100 萬瓩。世界銀行表示，保守估計全球漂浮太陽能應有 4 億瓩的潛力。

隸屬美國能源部的國家再生能源實驗室（NREL），在 2018 年 12 月的一份報告中發現，藉由 24,000 個人造水庫上安裝的太陽能發電系統，可以滿足美國多達 10％的能源供應，NREL 估計水上太陽能產生的電力也將節省 210 萬公頃的土地。

漂浮太陽能發電在亞洲蓬勃發展的原因有兩個：高人口密度和可使用土地的競爭。專家表示，這些因素是未來太陽能發電場選址考量的一部分，在全世界也同樣變得更加重要。

自 2010 年以來，谷歌已在美洲和歐洲簽署了 30 多個太陽能和風能電場的計畫，使其成為再生能源的最大購買企業。臺灣不是他們第一個在特殊或困難地區建造的太陽能企業。谷歌從智利的阿塔卡馬（Atacama）沙漠的一個電場購買電力，這裡被稱為「地表最乾旱的地方之一」。El Romero 太陽能光伏電場提供的清潔能源相當於 24 萬戶家庭的電力，是拉丁美



水產試驗所模擬光電結合吳郭魚、石斑、鱸魚的養殖。(圖片來源：農委會)


位於雲林縣台西鄉的文蛤池結合立柱式光電養殖。(圖片來源:水產試驗所)

洲最大的太陽能發電場，也是世界上最大的電廠之一。

在臺灣的 1 萬瓩發電計畫，是谷歌與 Diode Ventures、Taiyen Green 能源、J & V 能源和 New Green Power 等公司合作，預計 2020 年完成，這時也是谷歌投資臺灣數據中心的時候。

水域型太陽能板設置前，該考慮什麼？

不論是地面型或水上型，在設置太陽能板之前，應先認識太陽能的特性：

1. 太陽能的利用裝置需要相當大的面積。
2. 太陽能受氣候、晝夜的影響，因此必須設有貯電裝置，這不僅增加技術上的困難，也使造價增加。
3. 太陽能電池板壽命有限，一般大約是 10-30 年。
4. 太陽電池必須使用純度極高的半導體，在生產的時候必須消耗很大的能量，也會產生環境污染。
5. 必須面對颱風、地震及豪雨等自然氣候對太陽能發電技術與設備的嚴酷挑戰。

除了上述的限制之外，漂浮太陽光電獨有的特點：

1. 浮筒尚未商業化，製作成本價格偏高。
2. 大部分情況下需要特殊設備，施工也比地面式太陽光電系統複雜。
3. 因太陽光電板會阻隔陽光，影響生態體

系運作，及其排列的空隙與邊緣對鳥類而言，缺乏足夠的安全空間，進而會影響水鳥及野鳥的生態。

4. 漂浮式太陽能面板長期使用會腐蝕、退化，維護費用昂貴；此外，安裝結構、浮筒和錨點等不易於伸展，種種問題都會增加漂浮式太陽能系統的成本。

5. 目前針對水面型太陽光電設施產生的影響，仍缺乏更充分的在地化研究，是大量推廣所需面對的重要挑戰。

此外，伊亞太陽能公司 (EEIA Solar) 於 2016 年 2 月 22 日表示，以一位專業技術者的身分而言，基於可靠性與穩定性，並不鼓勵建置水面上的太陽能板，原因如下：

1. 太陽能板的背面是 EVA(聚乙烯醋酸乙烯酯) 薄膜，時間一長會滲入水氣，電阻升高而短路，目前依據工研院研究資料來看，4-6 年之後會出現大面積短路，勢必造成維修費用遽增。

2. 目前人類在大面積的漂浮結構尚未有足夠的研究，在面對自然災害的狀況下，碰撞、生鏽、結構變型、脫鉤、生物附著等變數仍然很多，我們不該低估大自然的力量。

3. 對該領域的生物性災難。

雖然漂浮太陽能有很多好處，但在可靠性與穩定性上仍有待確認，不建議作為主流，畢竟推廣太陽能發電是為了對地球環境友善又可以穩定獲利；但是這個技術如果潛藏著重大的風險，是否應當理性面對甚至排除，否則將引起金融體系的連鎖反應，而對社會與經濟造成動盪不安。

此外，隨著太陽光電裝置容量日益增加，因為供電斷斷續續不穩定的特性，還需要同時增設火力發電（燃煤、燃氣等）機組作為備用電源，將難以達到節能減碳的功效。

參考資料：

1. Google is building a solar power project above fishing ponds in Taiwan, its first in Asia, CNBC, 2019/02/17 https://www.cnbc.com/2019/02/15/google-is-building-a-solar-power-project-above-fishing-ponds-in-taiwan.html
2. 新能源商機：漂浮式太陽能面板市場規模將達 27 億，日本和歐洲需求旺盛，雨果網，2017/03/23 https://read01.com/e8gJoO.html
3. 水域型太陽光電的挑戰：在水面設置太陽能板前，該考慮什麼問題，關鍵評論，2018/09/05 https://www.thenewslens.com/article/103368
4. 地面、屋頂、水上發電模式特點對比分析，雲凱光伏，2017/09/01 https://kknews.cc/agriculture/8b5gax4.html
5. 太陽能發電是解決臺灣缺電的萬靈丹？民報，2017/12/02 https://www.peoplenews.tw/news/ecfc5426-1eae-4c4a-9b8d-d41b101697c8
6. EEIA Solar 伊亞太陽能公司臉書，2016/02/22 https://www.facebook.com/eeiasolar/posts/

福島事故 8 週年

311 東日本大地震 8 週年後續報導—

何時才能完成復興？

文 編輯室

311 東日本大地震至今已過了 8 年，根據日本廣播協會 (NHK) 在 2019 年 3 月 11 日的新聞，至今確認的死亡人數為 1 萬 5,897 人，失蹤人數為 2,533 人，震災相關死亡人數為 3,701 人，一共是 2 萬 2,131 人 (見圖 1)。在避難人數方面，從日本 (災後) 復興廳 2018 年 11 月的統計資料來看，全日本 47 個都道府縣共有 5 萬 4,288 人仍過著避難的生活。

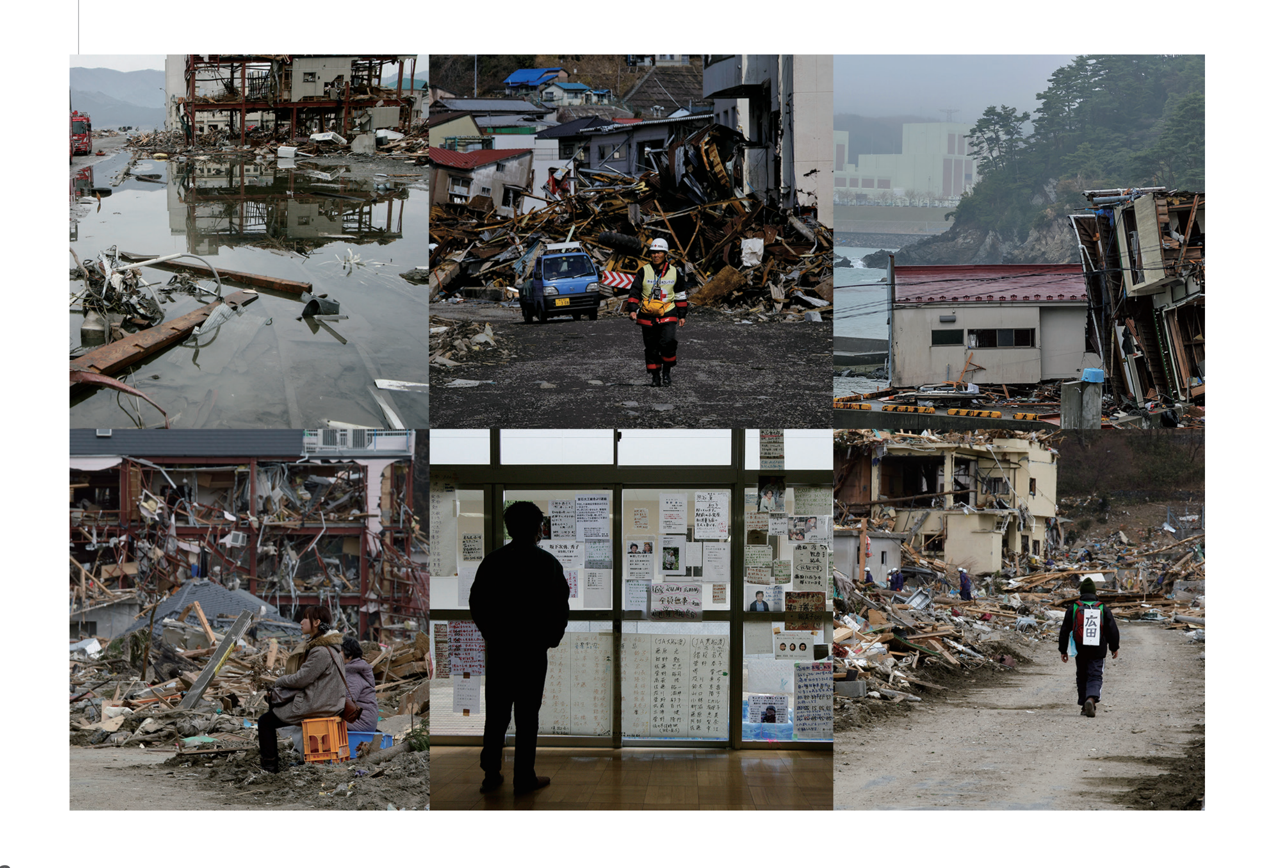




圖 1. 311 東日本大地震死亡、失蹤與震災相關的死亡人數。

福島縣有 3 萬 3,147 人，另外兩個同為主要災區的宮城縣和岩手縣，至今仍有被地震、海嘯摧毀的地區尚未恢復，這兩縣的避難人數分別有 4,292 人及 1,064 人，其餘 44 個都道府縣共有 1 萬 5,785 人。

上述的 5 萬 4,288 人是處於避難狀態的人數，但是有許多人已經離開家鄉定居在其他縣市了。根據 NHK 報導，岩手縣、宮城縣和福島縣的人口數在這 8 年間減少了 30 萬人，主要原因有二，一是家鄉被地震、海嘯摧毀而搬離，二是家鄉被政府劃成核災避難區或是再也不能住人的「(海嘯) 災害危險區域」而搬離。

例如日本 311 大地震中因地震海嘯受創最深的宮城縣石巻市，石巻市是宮城縣人口第二多的城市，當時被海嘯襲擊而淹水區域約有 0.7 個新竹市這麼大，市中心建築物幾乎全毀，建築全毀的數量光是市中心就有近 2 萬棟，避難人數一度超過 5 萬人，占該市人口數的 1/3。死者和失蹤者超過 4,000 人，是 311 東日本大地震中死者和失蹤者最多的城市。

災後因為石巻市內有很多店面被海嘯沖毀，所以日本政府設立了臨時商店街，讓失去店面的人，可以把食物與商品拿到這裡販賣，繼續賺錢維持生計。本來這臨時商店街只規劃兩年就結束，但是兩年的時間過去了，石巻市仍有許多建設還沒重建或整修好，有商家想找新店面也找不到，這臨時商店街只好延期，讓店家繼續在這做生意。至今，石巻市荒廢沒有使用的空地仍然很多，這些空地是將垮掉的建築物清除之後的結果，有的是原屋主無意願再建並回來居住，有的是被政府劃成再也不能住人的「(海嘯) 災害危險區域」，因此石巻市要回到大地震以前的生活應該是不可能了。

311 大地震後，類似石巻市遭遇的城市不只一個，根據日本 (災後) 復興廳做的調查結果顯示，很多災民判斷回鄉與否的標準，除了對輻射的不安，醫療機構、商業設施、工作機會是否完善也很重要，然

而重建這些基礎建設需要大量的金錢與時間。而且在大地震發生之前，岩手縣、宮城縣和福島縣就已有人口老化及年輕人口外移的問題，在大地震發生之後，這問題變得更加嚴重。

重建得更好：從世界到福島，從福島到世界

2019 年 1 月 14、15 日在福島縣舉辦了「重建得更好：從世界到福島，從福島到世界 (Build Back Better：from the World to Fukushima, from Fukushima to the World)」的國際研討會 (見圖 2)，強調日本政府與民眾有不可動搖的決心來重建和振興福島。在研討會上公布了最新的福島縣健康調查，可分成甲狀腺超音波檢查、綜合健康檢查、心理健康和生活方式調查以及懷孕和生育調查這 4 大項。

關於福島縣健康調查的結論有 4 點 (見圖 3)：1. 即使受到福島事故的直接影響，癌症發生率和死亡率的變化也是低到可以忽略。2. 即使發現甲狀腺有微小的癌細胞，對生命也沒有即刻的危險。3. 南韓曾發生因為擔憂而去做預防性甲狀腺超音波檢查，反而導致悲劇性的副作用 (演講者補充：南韓醫界過去在甲狀腺發現微小的癌細胞後，因為擔憂而做了手術，但是這些微小的癌細胞本來對人體是沒有危險的，做了切除癌細胞手術後，反而產生對身體不良的副作用)。4. 在福島當地也是建議不要去做特別、針對性的超音波檢查，一般定期檢查就足夠了 (演講者補充：之前福島花在非必要性超音波檢查的費用，已經超過一兆日圓，這反而排擠了其他必要的醫療費用支出)。

此外，福島高校被日本政府指定為超級科學高中 (Super Science High School, SSH)，因此福島高校會定期舉辦科學對話活動，來自世界各地的科學家到福島高校用英語跟當地高中生做面對面的交流，交流內容包含科學家自己國家的情況和研究活動，也有利用視訊跟其他國家的高中生交流。

之前本刊曾報導過「福島高校生發表測量國內外背景輻射劑量的論文登上國際期





主要災區之一的岩手縣陸前高田市 2014-2019 年復原情形。(圖片來源：ANNnews)



圖 2.「重建得更好 : 從世界到福島，從福島到世界」國際研討會海報。

結論

- 原子力発電所 事故に 直面しにも、がんの 発生や 死亡率は 無視する程度。
- 甲状腺微小癌は 持っていても 生命に 危険では ない.
- 漠然とした 不安によって 開始された 予防的な 甲状腺の 超音波の 悲劇的な 副作用は、大韓民国では よく 登場している。
- 福島でも、超音波検診 ポリシーを捨て 定期的な 診察が 推奨される.

圖 3. 研討會上關於福島縣健康調查的 4 點結論。

刊，引起世界關注」，緣起就是用視訊跟法國高中生交流所啟發。這個科學對話活動為學生提供了發展科學研究的興趣，以及加深讓「福島了解國際、國際了解福島」的機會。

東京奧運能幫助福島復興嗎？

日本在申辦 2020 東京奧運時就強調，此次奧運可以幫助日本 311 大地震災後復興，因為辦奧運可以加速重建災區的基礎建設、讓更多人看到日本真實的現況，而且日本受害最深的東北縣市是以觀光為主，奧運帶動的觀光人潮對東北復興預計將有很大的幫助。所以日本的目標就是要將 2020 東京奧運打造成「復興的奧運」。

日本國內第一個國家足球集訓中心「J-VILLAGE」在 1997 年啟用，位於距離福島第一核電廠只有約 20 公里的楢葉町， 311 大地震後楢葉町被政府劃成核災撤離區，直到 2015 年 9 月才解禁。在 2011 年時，J-VILLAGE 被東京電力公司拿來當作福島第一核電廠事故處理應變據點，因為東京奧運的緣故，J-VILLAGE 恢復體育訓練用途，在 2018 年 7 月 28 日起部分重開，同年 9 月 8 日啟用這座全新的全天候型練習場，2019 年 4 月 20 日起恢復全面營運。根據日本報導指出，東京奧運組委會將以 J-VILLAGE 作為東京奧運傳遞聖火的出發點，整個東京奧運的聖火傳遞將以「復興」為題，火種採集儀式定在 2020 年 3 月 12 日舉行，以福島作為聖火傳遞的起點，緊接著去宮城與岩手這兩個同為震災受創嚴重的縣市，然後再傳遍

日本 47 個都道府縣。

除此之外，東京奧運已經正式安排棒球和壘球的開幕戰將在福島縣立吾妻球場舉行，現在福島車站裡面，也都高高掛起 2020 奧運棒球賽事的宣傳旗幟。其實這個主意的最初發想不是來自日本人，而是國際奧會主席巴哈（Thomas Bach）先生，是他在 2016 年訪日時主動提議的，之後理事會也全數贊成。

在 2019 年 8 月，福島將會先舉辦世界少年棒球大會，背後推手正是台日兩大知名棒球選手 - 王貞治和岩村明憲。岩村明憲曾從日本職棒轉戰美國大聯盟，是日本家喻戶曉的明星內野手，目前身為「福島希望棒球隊」的監督，他說：「運動和音樂一樣，都是跨越國界的，透過棒球，福島可以和外界對話。」中華民國籍的王貞治是全世界職棒球員中擊出最多全壘打的紀錄保持人，被譽為世界全壘打王，王貞治說他推動這球賽的動機是：「復興福島任重道遠，我們希望做些對福島有用的事。讓參賽的日本和世界的少年活潑成長的模樣展現在世人面前，相信對扭轉福島的負面風評有益，也可以成為孩子們珍貴的回憶。」

日本政府設定 311 大地震的「災後復興期」為 10 年，所以不少人擔心會不會在 2020 東京奧運過後，政府就定調為災區都已復興完成，不再繼續復興工作了呢？畢竟在福島第一核電廠周圍仍有撤離區未解禁，以及上述宮城縣石卷市等例子，10 年的時間是無法完成重建的。

然而，何時才能算「復興完成」呢？受到 311 大地震、海嘯和核災影響的地區，搬離的居民不可能全都搬回來，建築也不可能全部重建成原來的模樣，許多地區是永遠無法回到 311 前的生活。所以重點應該是，能不能記住過去的錯誤與教訓，不再有風評被害，不再有人因為錯誤的觀念而影響當地的生活，不再稱呼這些地區為災區，不再稱呼當地居民為災民，也許這樣才算是「復興完成」了。

因此東京奧運的結束絕不是復興的結束，而是一個重要的轉捩點，如同王貞治和岩村明憲的講法，讓奧運與運動帶給當地新的活力，這是一個很好的機會讓全世界了解日本與福島的現況為何。現在日本與福島不需要人們過多的擔心與憐憫，需要的是人們來了解真相，當人們越了解真相，離復興成功就越進一步。

參考資料：
1. NHK 報導：東日本大震災と原発事故8年 今も5万人避難生活 https://www.nhk.or.jp/politics/articles/lastweek/15167.html
2. 日本復興廳：全國避難者人數 (2018/11/30) https://www.aec.gov.tw/webpage/fukushima/files/index_04_1_4-10711.pdf
3. 漢娜在翻譯 http://t.cn/EXbZboG
4. 福島縣國際交流協會 (FIA) 網頁 http://www.worldvillage.org/fia/news/details.html?id=2713
5. Jヴィレッジ復興プロジェクトキックオフ記者會見を実施しました http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-j-village11.html
6.【日本現場】不忘 311 核災　兩位全壘打王與東奧前進福島打球 https://csr.cw.com.tw/article/40850

福島事故主要原因—
是地震還是海嘯？

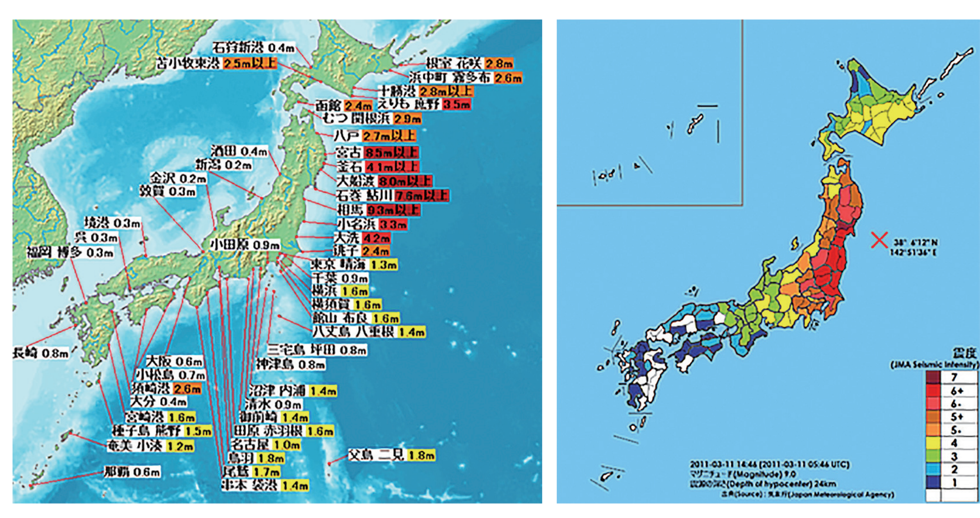
譯 朱鐵吉



福島事故的教訓

福島事故的影響導致目前仍有很多居民過著避難的生活，尚無法還鄉居住。另一方面，日本各地的核電廠，均重新接受非常嚴格的日本最新制定「規制基準」審查，目前為止，僅有 9 部機組通過這項新式審查獲准重啟發電，但是與福島第一核電廠同類型的沸水式反應爐尚未能重啟運轉。

筆者金盛先生這些年來與核能發電的技術工作者維持著密切的關係，一直在思考



(左)日本各地監測到的海嘯高度。(右)本次地震主震在日本各地造成之震度圖。(圖片來源:維基百科)

有關福島事件的教訓以及檢討。事故發生以來，很多居民都無法回到賴以生存的地方，因此檢討疏散避難的措施是非常必要的。

福島事故的原因是海嘯

福島事故的原因目前在技術上已經明確的瞭解，日本原子力學會、原子力規制委員會的綜合整理報告指出，東京電力對嚴重事故的應變不足。究竟爐心熔融而發生事故的起因是來自地震？或是海嘯？福島事故後在正式或非正式的調查委員會提出了很多調查報告，整理出以下列 4 份為最重要：

一、東京電力福島核電廠事故調查委員會（國會的事故調查）、二、東京電力福島核電廠的事故調查檢討委員會（政府單位的事故調查）、三、日本原子力學會調查委員會（學會的事故調查）、四、原子力規制委員會的調查報告。

福島事故的原因，早期的報告書以國會事故調查和政府單位事故調查為主。國會調查是舉辦相關者的公聽會，檢討其根本原因是「福島第一核電廠 5 號機，以目視調查並未發現損傷，1-3 號機受地震影響而有損傷。」在結論尚未發布前，一般人都認為是地震；國會事故調查委員會的結論也認為原因是來自於地震。

4 份報告中，原子力學會以專業技術和公正立場評估的結果，事故的直接原因是海嘯。日本核安管制機構的原子力規制委員會亦同樣指出事故的原因是海嘯。由事故的經過可以了解：

反應爐在受到強烈地震的影響而搖晃震動瞬間，反應爐中的控制棒及時插入爐心而順利停機，但由核電廠廠外送入的電源供應因地震破壞而完全中斷，廠內備用發電機及時啟動發電，供應反應爐冷卻泵的電源，此時反應爐冷卻系統尚保持正常運

作，在海嘯來臨前福島第一核電廠反應爐一直維持在冷卻狀態運轉；福島第二核電廠也處於安全停機狀態，未發生爐心熔融事故。但是，之後海嘯來襲，所有備用電源泵及反應爐的重要冷卻裝置全部因浸水而停機，反應爐冷卻系統全部喪失作用，導致爐心熔融，氫氣爆炸。因此，以技術的觀點，福島事故的重要原因是海嘯。

防止嚴重海嘯侵襲的對策

既已確認福島事故原因是來自海嘯，今後為防止再發生類似的事件，在建廠之前必須詳細調查歷史上發生過海嘯的痕跡（紀錄），加強有效的工程以防範海嘯侵襲。

原子力規制委員會最新的規制基準，是採取多重防護對策，必要時應該建造20公尺以上、或是超過預測海嘯高度的防波堤，備用電源設備應設置在可能受海嘯侵襲的高度以上，以防止浸水。廠房應設置防水氣密門，其他必要的地方也應加強建造堤防與防水氣密門等設施。廠房應設置在海嘯未能抵達的高度，電源的電纜亦需妥善的配置以防海嘯災害。

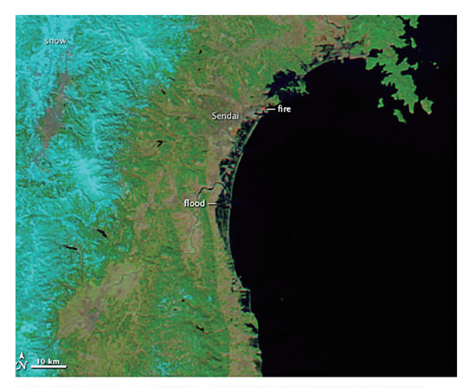
目前原子力規制委員會對活斷層相關的審查非常嚴格。雖然地震不是災害的直接原因，但是強烈地震對心理的衝擊很大，與海嘯同樣是重大的問題，因此對於活斷層必須實施詳細調查。日本過去在新潟縣也發生過大地震，當時的中越沖地震對該縣核電廠反應爐爐心並沒有造成影響。強烈地震雖非造成爐心熔融的直接原因，地質調查數據仍是評估風險的重要依據。原子力規制委員會適當的關切地震斷層，消除民眾心裡的不信任感。

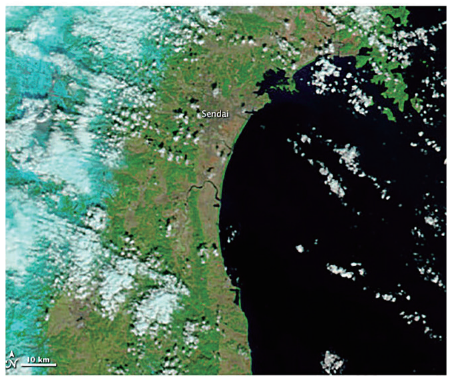
日本未來最重要的事

日本國會事故調查委員會認為人為疏失和地震為福島事故的主要原因，原子力學會和原子力規制委員會則確認海嘯才是導致爐心熔融的原因。因此，專家之間應綜合檢討出一致的事故原因，做為將來重要參考的指標。徹底的了解事故原因，以採取有效的對策。

日本雖是資源貧瘠的國家，但以技術立國，非常需要核能資源，今後應當進行更多相關的研究，做好安全防護工作。

參考資料：
金盛正室，"福島事故原因は津波か地震か，"
Energy Review. Feb.2019: Vol36. No.2 P.64-65.





仙台市周邊海岸線之變化:(上)海嘯侵襲後，(下)海嘯侵襲前。(圖片來源：維基百科)


美國 Diablo Canyon 電廠的用過核燃料乾式貯存設施。(圖片來源:US Nuclear Regulatory Commission)

國際乾式貯存設施介紹

文 編輯室

我國的核一廠已經從 2018 年 12 月 6 日起運轉執照到期,正式進入除役階段。影響除役作業至關重要的用過核燃料乾式貯存場,因未能獲得新北市政府核發的「水土保持完工證明」,延宕多年而遲遲無法運轉使用,核燃料目前都還放置在反應爐爐心內,而用過核燃料冷卻水池的容量也已滿載,因此沒有多餘空間可容納現有爐心內的燃料。只要爐心內的燃料無法順利退出,將會影響機組除役作業的時程進展。

我國用過核燃料管理策略

核燃料中含有 3-5% 鈾 235 同位素,經由反應爐的中子撞擊,產生核分裂、釋放能量,大約經過 3 年到 5 年時間,鈾 235 含量低於約 1-2%,無法達到發電效率時,即需退出反應爐,成為「用過核燃料」。

用過核燃料從反應爐退出後,仍具有放射性和衰變熱,必須放在反應爐廠房的用過核燃料池裡冷卻數年,待其放射性及熱

量衰減後，再進行後續的乾式貯存以及最終處置作業。

為使用過核燃料能安全處置，原子能委員會訂有相關管制策略：採取「近程以廠內水池式貯存，中程採廠內乾式貯存及在遵守國際核子保防協定下，尋求在國外進行再處理的可行性，長程推動最終處置。」等短、中、長程方案，對我國最為有利。

乾式中期貯存是重要過渡措施

用過核燃料如果順利自反應爐中退出，需在用過燃料池內經過充分冷卻。以核一廠為例，用過核燃料每束的熱量小於 125 瓦，就可放入乾式貯存設施內，經由空氣的自然對流，即可有效持續降溫。

乾式貯存運用空氣自然對流的原理，常溫空氣經由混凝土護箱底部的進氣口流入，空氣變熱後上升，再由混凝土護箱頂部的出氣口自動排出。即使發生停電也不必擔心用過核燃料冷卻的問題，是非常安全的過渡措施。

放眼國際乾式貯存經驗

目前許多核電廠採用乾式貯存以解決燃料池貯存容量不足的問題。依據原能會統計，截至 2019 年 1 月 24 日，國際間已有 23 個國家設置乾式貯存設施，包含美國、加拿大、德國等，目前正在運轉中的乾式貯存設施共有 131 座，另有 7 座興建中，2 座興建完成待啟用，遍布於歐洲、美洲、亞洲及非洲（詳見表 1），顯示乾式貯存已是國際間普遍採用，且是成熟的用過燃料管理技術。

乾式貯存因為運轉維護容易、不會產生二次廢棄物、不會發生輻射洩漏等因素，而廣為世界各國採用。目前全世界採取室外露天貯存的國家有美國、南韓及中國；兼採室內及室外貯存的國家有西班牙、加拿大、立陶宛、南非及日本；採用室內貯

表 1. 國際間乾式貯存設施數量一覽表

地區	國家	數量
歐洲（39 座）	德國	16
	捷克	3
	匈牙利	1
	斯洛伐克	1
	比利時	1
	保加利亞	1
	立陶宛	2
	羅馬尼亞	1
	俄羅斯	1
	西班牙	6
	瑞士	2
	烏克蘭	2
	英國	2
美洲（91 座）	美國	80
	阿根廷	1
	加拿大	9
	墨西哥	1
亞洲（9 座）	中國	1
	印度	2
	日本	3
	哈薩克	1
	韓國	1
	亞美尼亞	1
非洲（1 座）	南非	1
總計		140

更新日期：2019.1.24 / 資料來源：原能會

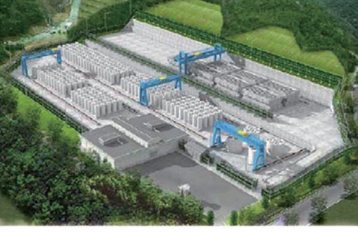
註：運轉中的乾貯設施共 131 座，另有 7 座規劃興建中，2 座興建完成待啟用。露天貯存設施有 93 座，室內貯存設施約 36 座。


美國Diablo Canyon電廠乾貯設施


美國Trojan電廠乾貯設施


德國Gorleben 乾貯設施


英國Sizewell B電廠乾貯設施


南韓Wolsong電廠乾貯設施


日本東海第二電廠乾貯設施

乾式中期貯存已經是成熟先進的技術，各核能國家多有採用。(圖片來源：原能會)

存的國家則有英國、捷克、匈牙利、德國、瑞士、保加利亞、比利時及斯洛維尼亞。以下就美國、德國、日本的乾式貯存現況概述說明。

美國

美國目前擁有 80 座乾式貯存設施，第一座乾式貯存設施位於維吉尼亞州的蘇利（Surry）核電廠內，從 1986 年即開始運轉，至今已 30 餘年，且已獲得美國核能安全管制委員會（NRC）核准，可運轉至 2046 年，共計 60 年，顯示乾式貯存安全無虞，已獲得了美國核安管制機構的確認。

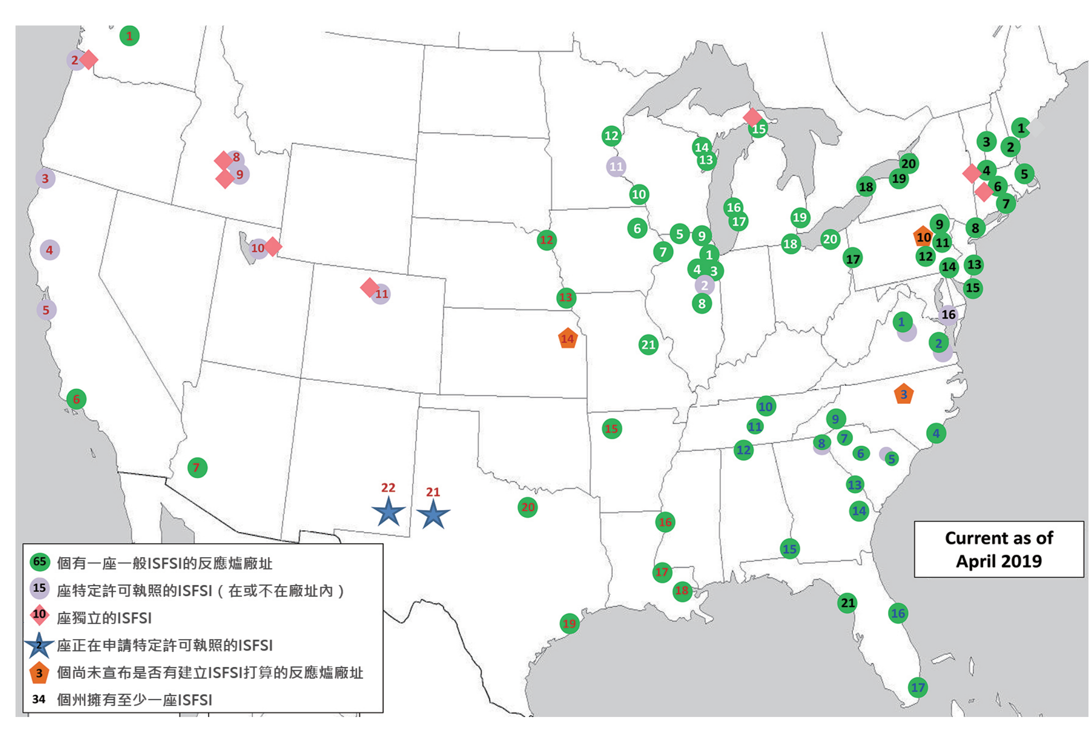
美國核能安全管制委員會對於乾式貯存的安全管制，要求電廠持照者將用過核燃料貯存在以下地點的獨立用過核燃料貯存設施（ISFSI）：

一、在反應爐廠房內—當用過核燃料冷卻池接近容量限制時，可以使用乾式貯存系統。

二、在反應爐廠區外—電廠持照者可以在下列位置內使用乾式貯存系統：

1. 已除役的反應爐廠區內—在反應爐終止運轉，並移除反應爐運轉時所使用的組件後，即可將用過核燃料貯存在廠區內，等候運送至特定的、經授權許可接收用過核燃料的 ISFSI，或是運送至永久地質處置場進行最終處置。
2. 綜合中期貯存設施（CISF）—存放在反應爐廠區之外的乾式貯存場，等候運送至永久性處置設施進行最終處置。

美國核能安全管制委員會長期以來一直



美國現有獨立用過核燃料貯存設施 (ISFSI) 分布圖，統計至 2019 年 4 月為止。(圖片來源 : NRC)

以開放的方式進行管制，積極向外界提供訊息，以及開放民眾參與有關用過核燃料處理、貯存、運輸，以及延長貯存期間的決策過程。為此，定期舉行會議和研討會，以告知民眾並徵求意見。也會公布文件以徵詢民眾意見。工作人員可以使用從社會大眾獲得的訊息來形成或調整法規、審查程序、環境影響評估，或其他活動。

德國

德國是歐洲地區擁有最多乾式貯存設施的國家，根據德國「原子能法」，自 2016 年 7 月 30 日起，聯邦放射性廢棄物安全管理辦公室（BfE）成為放射性廢棄物管理與處置的主管機關，負責監管相關設施運轉的安全。

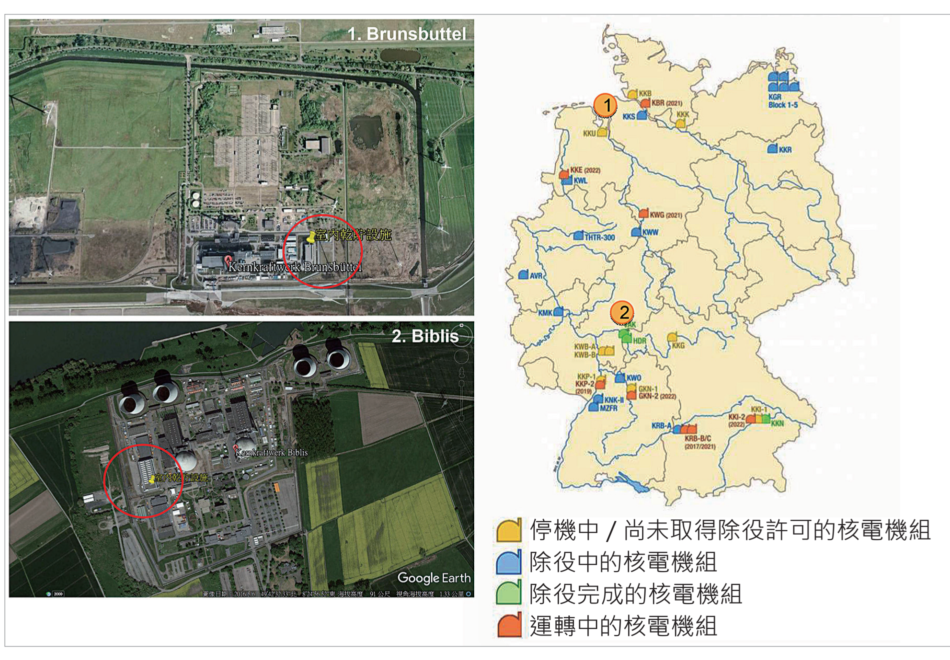
到目前為止，德國還沒有放射性廢棄物最終處置場獲得運轉許可，因此，核電廠運轉和除役時所產生的高放射性廢棄物，在運往最終處置場之前，應在乾式貯存設施中存放一段時間。

乾式貯存可使放射性廢棄物殘餘的輻射強度和衰變熱量減少，因此也可減少處置場貯存體積的需求。

德國乾式貯存設施有兩種類型：

一、集中式乾式貯存設施

在集中式乾式貯存設施，貯有來自商用



德國除役電廠廠內分散式乾式貯存設施案例。(圖片來源 : 原能會)

反應爐和研究用反應爐運轉期間所產生的用過核燃料，以及從再處理廠送回的高放射性廢棄物。這些乾式貯存設施已在 2002 年之前獲得許可並建造完成。集中式乾式貯存設施，有阿豪斯（Ahaus）、高樂本（Gorleben）和諾德（Nord）。

阿豪斯位於北萊茵—威斯特法倫州，和位於下薩克森州的高樂本，是採用集中式運輸桶貯存設施（TBL），存放於鋼筋混凝土製成的貯存廠房內。位於梅克倫堡—前波莫瑞州的 ZLN 乾式貯存設施，則負責處理和貯存所有類型的放射性廢棄物。

二、分散式乾式貯存設施

用過核燃料在放入最終處置場之前，必須在乾式貯存設施內安全地貯存。多年來，德國核電廠在剩餘的運轉時間內產生的用過核燃料元件，已經在各核電廠廠區內的分散式乾式貯存設施中貯存，放置於特殊設計、兼具運輸與貯存的金屬護箱中。根據成本考量，乾式貯存設施需要由核電廠擁有者建造和運轉。

與集中式乾式貯存設施不同，當運送金屬護箱到處置場時，僅需沿著一般公共道路運輸。

德國對於用過核燃料運輸兼貯存容器的許可期限為 40 年，只要能符合安全規範，就能延長此期限。在許可證到期之前，乾式貯存設施營運廠商必須及時向 BfE 提送延長許可申請。

日本

日本現有 3 座乾式貯存設施，分別是福

島第一核電廠用過核燃料貯存場（SFSF）、東海第二核電廠用過核燃料貯存場，以及陸奧可再循環燃料貯存中心（Recyclable-Fuel Storage Center）。在 311 福島事故發生後，日本仍繼續採用乾式貯存方式作為用過核子燃料中期管理的方式。

從福島核災看用過核燃料乾式貯存的安全性：

1. 日本福島第一核能電廠用過核燃料乾式貯存設施，自 1995 年起運轉迄今，設計貯存容量為 20 組金屬護箱，目前已貯存 9 組，共計 408 束用過核燃料。此設施是以現有廠房進行改建，採用空氣自然對流的方式進行乾式貯存。

2. 2011 年 3 月 11 日日本東北外海發生規模 9.0 強烈地震後，引發最大高度達 15 公尺海嘯，造成福島第一核電廠因喪失電源而導致 3 部機組內的用過核燃料池喪失冷卻功能，發生嚴重核災事故。

3. 依據日本原子力災害對策本部於 2011 年 3 月 18 日的報導，福島第一核電廠用過核燃料乾式貯存場經檢查後，確認在強震及海嘯襲擊後並無異常，相對於用過核燃料池的濕式貯存較為安全。

福島事故後，經查驗乾式貯存設施，並未發現阻礙自然空氣對流的情況，也確認冷卻系統並未因此受到影響。此外，福島第一核電廠在核子事故後，也積極的將冷卻池內的用過核燃料移出水池，進行乾式貯存，且由室內貯存移至室外貯存。日本的實務經驗，足為我國借鏡。

我國乾式貯存面臨的困境

儘管核一廠除役計畫環境影響評估在 2019 年 5 月 15 日獲得環保署審查通過，但是只要新北市不核發核一廠乾式貯存設施的「水土保持完工證明」，核一廠反應爐內的用過核燃料就無法退出，那麼反應爐、反應爐廠房、用過核燃料池，以及其他相關設施都無法開始進行實質除役，當然也無法在 25 年內如期完成除役作業，而延遲的時間難以估計。

除役作業首先要將反應爐爐心的用過核燃料全數移出，放置於用過核燃料池，池內現有的用過核燃料，則必須移至乾貯設施中。反應爐切割後，也需使用騰空後的用過核燃料池。反應爐廠房拆除前，又需

表 2. 日本乾式貯存設施現況 (資料來源 : 原能會)

乾式貯存設施名稱	護箱型式	啟用年分	位置	備註
福島第一核電廠用過核燃料貯存場	混凝土模組	1995	福島縣	靠近海邊
東海核電廠 2 號機用過核燃料貯存場	金屬護箱	2001	茨城縣	室內貯存 靠近海邊
陸奧可再循環燃料貯存中心	金屬護箱	待啟用	青森縣	因新法規而 重新審查

先拆除用過核燃料池。因此若要核一廠順利如期完成除役，乾式貯存是除役作業非常重要的一環。

根據台電估算，當用過核燃料存放在反應爐內時，每年運轉維護費用增加約 7 億元，每延後一年除役，將增加除役費用約 19 億元 / 年。若發生恐怖攻擊或超出設計基準的意外事故（如福島事故）時，可能整個反應爐內的用過核燃料都將受損。

用過核燃料若存放在冷卻池內，每年運轉維費護用增加約 3 億元，每延後一年完成除役，將增加除役費用約 15 億元 / 年。若發生恐怖攻擊或超出設計基準的意外事故時，可能整個冷卻池內的用過核燃料也會受損。

如果用過核燃料存放在乾式貯存設施內時，每年運轉維護費用僅有約 1.3 億元，還可在法定除役時程 25 年內完成除役。遭遇恐怖攻擊或超出設計基準的意外事故時，僅有直接受到破壞的少數護箱可能會受到影響，仍可維持設施邊界的完整。例如，福島第一核電廠現有的 9 組乾貯桶，歷經東海大地震與海嘯侵襲，該設施仍完整無損。

國際間現有 140 座乾式貯存設施，顯明這已經是成熟、穩定的處理技術，值得我國參考採用。於設置過程中，決策機構需持續與地方政府溝通，聽取當地民眾的心聲，以理性、平和、解決問題的態度共同面對，用過核燃料不會是無解的難題。

參考資料：
1. 乾貯國際經驗，台灣電力公司 http://nbmi.taipower.com.tw/%E4%B9%BE%E8%B2%AF%E5%9C%8B%E5%A4%96%E7%B6%93%E9%A9%97/
2. 用過核子燃料乾式貯存的安全管理，行政院原子能委員會 https://www.aec.gov.tw/%E7%84%A6%E9%BB%9E%E5%B0%88%E5%8D%80/%E4%B9%BE%E5%BC%8F%E8%B2%AF%E5%AD%98%E7%AE%A1%E5%88%B6/%E4%B9%BE%E8%B2%AF%E8%B3%87%E8%A8%8A/%E7%B6%93%E9%A9%97%E5%9B%9E%E9%A5%8B--218_224_1933_3442.html
3. 國際間用過核子燃料貯存設施統計資訊，原子能委員會 https://www.aec.gov.tw/webpage/dry/files/index_03_8-01.pdf
4. 美國 NRC，https://www.nrc.gov/waste/spent-fuel-storage.html
5. 德國能源部聯邦放射性廢棄物安全管理辦公室：https://www.bfe.bund.de/EN/nwm/interim-storage/introduction/introduction_node.html
6. 日本用過核子燃料乾式貯存安全技術發展研析，張惠雲，2015/11 https://www.aec.gov.tw/webpage/info/files/index_11_4_1_104-11.pdf
7. 核電廠除役先期啟動工作乾貯設施，台電公司，2017/10/12 https://www.moea.gov.tw/Mns/CNC/content/wHandMenuFile.ashx?file_id=16636



為了健康 吃土吧！

文 劉振乾

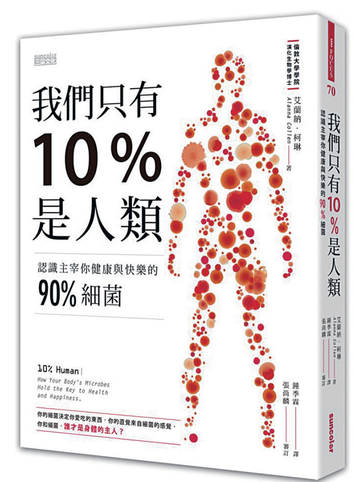
台灣俚語所稱「垃圾食，垃圾肥」（lah-sap tsiah, lah-sap puî）（垃圾 lah-sap，骯髒之意），是否真有道理？

《九成的過敏症靠腸治癒》的作者藤田紘一郎是日本著名的「寄生蟲博士」，現為東京醫科齒科大學榮譽教授，1960 年代曾在印尼的加里曼丹島擔任半年的日本企業駐地醫師。當地居民的排泄物是直接排入河川，而他們的日常生活卻與這條河川緊密依存，從刷牙漱口到洗碗、洗澡、洗衣服等。水質檢查的結果，當然有大量的大腸桿菌等細菌，還有寄生蟲的卵在其中。

雖然如此，在如此骯髒的河水中嬉遊的加里曼丹島兒童，竟沒有一人有過敏症或是氣喘等病症，由此得到靈感的藤田醫師便全力投入相關研究。

他發現，當人們吸進杉樹花粉後，會產生「免疫球蛋白 E（Immunoglobulin E，簡稱 IgE）抗體」，這「IgE 抗體」與杉樹花粉的結合體會附著於鼻子黏膜的肥滿細胞表面，使肥滿細胞內的化學物質大量釋出，傷害鼻腔黏膜組織而引發花粉症。根據統計，日本目前有高達 6,000 萬人罹患花粉症。





如果人感染了寄生蟲，體內會產生大量沒有活性的「IgE 抗體」，當這種抗體附著於肥滿細胞的表面，日後即使有花粉或是其他過敏原侵入體內，也因為有了「先占為王」的 IgE 抗體，而沒有可依附的地方，自然不會發生過敏反應了。

藤田醫師為研究此原理，好不容易才找到抑制過敏作用是靠著存在於寄生蟲的分泌排泄管內，約 2 萬分子量的醣蛋白質。他將這特殊物質命名為「DiAg」，並將成果發表於美國的《科學（Science）》期刊上。

我們的腸內細菌叢（intestinal flora）內約有 200 種細菌，總數超過百兆個，因此藤田博士提倡「讓更多的乳酸菌與土壤菌進入體內」。尤其是腸內細菌叢的組成是在我們出生後一年內決定，因此嬰兒特別需要土壤菌。土壤菌不僅存在土壤內，也存在地板上或是桌面上，因此當嬰兒要吃周遭的東西時，不要阻止他。嬰兒也喜歡把抱著他的大人們的手指放進自己的嘴裡，可藉著這些舉動，而讓各種細菌進入腸道內。

也就是說，從大人的角度看來不衛生的行為，正是為了要增加嬰兒體內的「共生菌」，而形成一輩子的免疫力基礎。這是一種「本能」，我們從遠古時代就是靠這種方式讓細菌進入體內。

為什麼提倡「垃圾食，垃圾肥」呢？因為除菌、抗菌的風潮反而會讓人類失去抵抗力。如果一天裡使用藥用肥皂洗手數次，會將保護皮膚的「皮膚常在菌」幾乎殺光。人類的手上有無數的細菌，包括表皮葡萄球菌、金黃色葡萄球菌等 10 種以上的皮膚常在菌，它們會吃皮膚的脂肪，製造脂肪酸的膜，讓皮膚維持弱酸性，藉此保護我們避免病原菌侵入體內。

然而過度洗手的結果，這層皮脂膜會被洗除，在它底下的角質層便產生間隙，讓

病原菌或是致敏原（allergen）由此侵入體內。其實不需使用肥皂，只要以自來水清洗 10 秒鐘，就能確實地將附在手上的細菌洗掉，而不會傷害到皮脂膜。

當年哥白尼式的天文學大轉變，現正在生物學的最前線上發生。2013 年美國的《科學》期刊發表了 10 大科學新聞，其中一則是「你的微生物支配著你的健康」，也就是腸內細菌叢支配了你的健康。文中提到一個例子：在非洲的馬拉威，有很多兒童罹患營養失調症。研究人員注意到一對雙胞胎，具有同樣的遺傳基因，處在同樣的營養狀態下，但是一位得了營養失調症，另一位卻是健康如常。研究人員發現他們的腸內細菌叢有差異，得病的小孩腸內細菌叢沒有充分繁殖。如果腸內細菌叢有正常的發展，即使是非常糟糕的食物，腸道都有辦法加以代謝而回報宿主（該兒童）。因此，疾病的原因不是來自細菌 (微生物) 的存在，而是因為它的不存在。這就是新的發現。

柯琳（Alanna Collen）是倫敦大學專攻進化生物學的博士，他去馬來西亞做研究時，被螨類咬傷而感染熱帶病，花了好幾年時間才治癒。但是之後卻常常有皮膚發疹與胃腸不適的毛病，其原因是來自服藥的「抗生物質」將體內細菌殺掉太多所致。

經過此一發現，他認真蒐集彙整資料，寫了一本書《我們只有 10% 是人類（10% Human: How your body's microbes hold the key to health and happiness）》，成為 19 國的暢銷書，日文譯本的書名則是《你的身體九成是細菌》（2016 年 8 月出版）。

《讓孩子們吃土（Let them Eat Dirt）》一書是由研究微生物 30 年的世界權威、加拿大卑詩省大學教授 Finlay 與 Arrieta 所合著，提倡「哺乳瓶不必殺菌，碗盤只要適當地洗，即使碰到昆蟲類也不需要馬上洗手。」的育嬰術。

從 2016 年 9 月起的 14 個月內共有 7,590 篇經審查通過，有關生存於人體內的微生物的論文發表，其數量一年中成長了 36%。包括以「糞便移植」方式治癒自閉症，以及腸內細菌叢也跟減肥能否成功有密切關係等。

如此多的例證，正是說明「垃圾食，垃圾肥」有其道理。

譯註：2019 年 3 月 11 日自由時報 A8 版，專訪長庚醫院程文俊院長，報導提及「微菌叢植入」是新領域，長庚現已有 3 例以糞便植入人體內做治療。這不只針對細菌感染，也可望對心血管、癌症有所幫助。





原子能科技科普展

環保、生活、酷科學

文 編輯室

什麼糖吃了不會胖？什麼是為汽車釀的酒？不怕斷電的微電網又有多厲害呢？行政院原子能委員會於今（2019）年 2 月 15-17 日，在華山 1914 文創園區舉辦了「原子能科技科普展」展覽，首次利用科普的方式來呈現我國原子能的管制業務以及原子能研發的成果，讓民眾有機會認識生活中跟環保科學有關的大小事，以及我國如何結合綠能科技與生活等，旨在讓民眾了解在「環保、永續以及友善環境」背後都有科學的存在，展覽的內容還包含了虛擬實境（VR）體驗以及闖關遊戲等，吸

引了大批大朋友與小朋友參與。

可多元化應用之纖維生質物解聚糖化技術

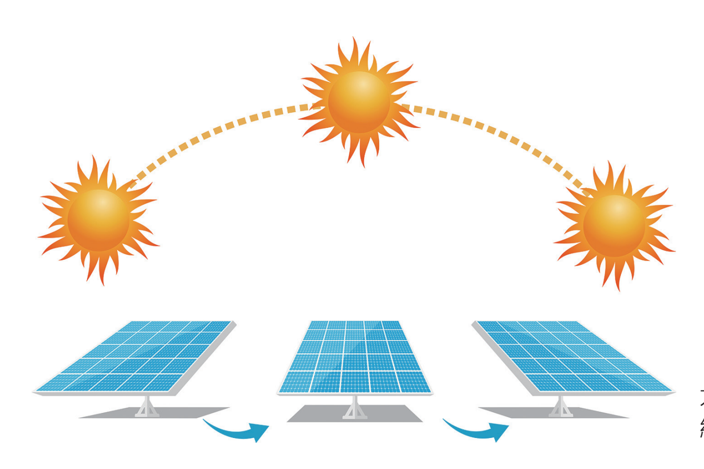
國際間減碳聲勢高漲，核能研究所開發的「生質精煉綠色製程技術」將含有「糖」的農林廢棄物（如木片、蔗渣、稻稈等）、廚餘及其他不以食用為目的作物等「生質物」，利用不同的技術將其轉換成我們在生活當中很常見的生質原料，如可分解的塑膠原料、生質燃料（酒精）等，還可提升生質沼氣產量，作為生質能發電的其中一種來源。

現今我們常使用到的石化塑膠製品，如雞蛋盒、水果盒、塑膠袋等的包裝材料，以及像是筷子、湯匙、吸管等的免洗餐具，核能研究所都已成功利用生質塑膠來製造這些在我們生活中頻繁出現的塑膠製用品。如果能全面的使用這種可以分解的原料來代替，就能有效減少塑膠用品的使用量，降低過多的塑膠對環境帶來的傷害，可分解的原料也可減少垃圾堆積。

你跑我追，邂逅聚焦太陽能

太陽能發電的概念是使用太陽能電池吸收光能，再將光能轉化成電能的發電方式。而在科普展當天所呈現的「追日聚光型太陽能發電系統」主要是使用「聚光型」的太陽能模組，利用類似放大鏡功能的聚光透鏡，以折射的方式將太陽光有效聚集在太陽能電池上，再結合可以感測太陽位置並跟著太陽左右轉動的「追日系統」，可獲得最大值的太陽光能量。





「追日聚光型太陽能發電系統」可感測太陽位置跟著左右轉動，這個「追日系統」可獲得最大值的太陽光能量。

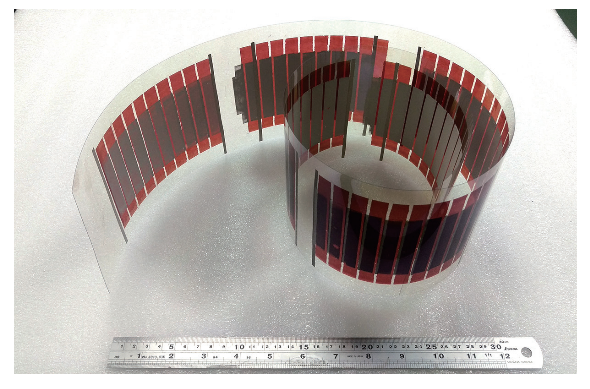
太陽能發電系統除了可以將由太陽能所生產電力直接輸送至電網供使用，也可供交通工具充電，也可將電力儲存於儲能設備，作為離島、偏鄉或夜間電力系統的來源，獨立發電。另外，這種太陽能發電系統下方的土地還可以發展農、漁、牧業，達到土地共用與環境友善的目的。

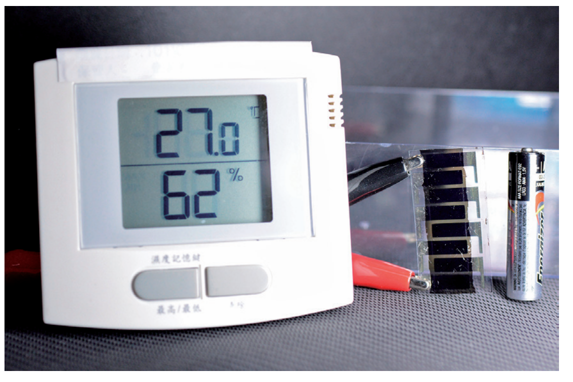
有光就有電，造型隨你變

太陽能發電的應用，除了大型的太陽能發電系統，小型的太陽能電池也不遑多讓。核能研究所開發的小型塑膠太陽電池模組，使用低碳排、低耗能且低成本的特殊製程，還有輕薄、可彎曲的特性，目前已可以應用在以下的項目：

1. 取代乾電池使用：在室內光線較不足的環境下可取代傳統一次性電池，提供電力給低功耗的電子產品使用，也可整合於智慧晶片卡，為顯示區塊提供電力。

2. 結合無線鍵盤：將透明的無線鍵盤與塑膠太陽能電池進行整合，讓使用者可在使用鍵盤時同時進行充電。





小型塑膠太陽能電池不僅能彎曲，還能透光，也可整合於智慧晶片卡，為顯示區塊提供電力。

3. 透光太陽能電池：塑膠太陽能電池可以製作成可透光的形式，如農業上常見的溫室建築，或是汽車的隔熱紙等。

4. 減少收納面積：塑膠太陽能電池可以製作在軟性可彎曲的基材上，閒置時可將其捲曲收納，需使用時再攤平延伸，即可增加發電面積。

大自然的禮物，生物發想的風力發電機

風力發電的原理是利用風吹動葉片旋轉後帶動發電機，將風能轉換成電能的發電方式。核能研究所利用模仿座頭鯨魚鰭表面突起物以及貓頭鷹翅膀尾端的刷毛等的生物特徵，將其應用在風力發電機上。

座頭鯨如翅膀般的魚鰭，強壯且前緣結滿如疙瘩狀的突起物，與一般鳥類翅膀平滑的尾端不同，突起的前緣可有效提高空氣流體動力的效率，使鯨魚在水下仍可加快速度、靈活地追逐獵物。而屬於夜行性動物的貓頭鷹，為了要在夜間不驚動獵物的情況下覓食，在飛行時不會發出聲音，而貓頭鷹的這項能力是由於翅膀有著毛茸茸的覆蓋層，可有效的吸收噪音。

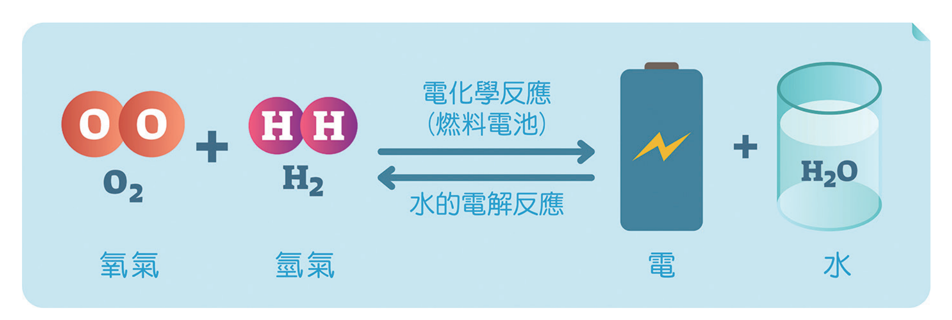
利用動物天生的優勢，藉由鯨魚的胸鰭以及貓頭鷹的翅膀等仿生科技，可有效提升風力發電設備的發電功率，還可降低風力發電設備運轉時所產生的噪音，以提高風力發電設備的安裝數量。

肺淨心思，不會產生 PM2.5 的發電系統

固態氧化物燃料電池是一種可以將燃料的化學能轉換成電能的發電方式，是一個可大可小的發電體，也是連接化石燃料至次世代能源系統的低碳能源技術，最重要的是，它不會排放 PM2.5。

核能研究所開發的固態氧化物燃料電池發電系統，結合電與熱的整體效率達





固態氧化物燃料電池利用氧氣與氫氣來發電。

90% 以上，目前已可作為分散式基載電力使用，提供一般家庭或便利商店的電力需求。自家發的電除了可供自己使用之外，多的電力還可以賣給台電公司，未來如果把系統規模放大後，也可應用於社區之基載電力。核能研究所已建立從材料粉末、電池單元、電池堆到發電系統（from powder to power）的完整技術，期望能在國內建立這種電池的產業鍊，使我國的綠能產業更多元化。

超導熱英雄，廢熱回收再利用

我國的工業製程中常有多餘的廢熱，若可將這些廢熱回收再利用、甚至用來發電等，將可創造很大的再利用價值，但現階段仍面臨到腐蝕相關問題，普遍未進行熱能回收。核能研究所為此開發「熱管餘熱回收節能系統」，其高效能熱管及其抗腐蝕技術可使熱管熱交換器具備耐腐蝕、防堵灰、效能高等特性，填補我國工業節能在低階餘熱回收的技術缺口。

熱管，也被稱為熱導管，是一種具有快速導熱特性的封閉式中空管，內含如水、液態金屬等的工作流體，熱管就是利用工作流體來傳熱。熱管不僅無噪音、重量輕、壽命長、操作容易，且具有超過任何已知金屬的導熱能力，因此被廣泛使用。核能研究所開發之高效能熱管研發技術，目前已與業界結合，一同推廣並促進我國工業餘熱回收再利用。

我家也有皮卡丘－智慧發電微電網

微電網是由各式小型分散式電源、再生能源、負載（即連接在電路中電源兩端的電路元件，電路中若沒有負載就會造成短路）與儲能設備所組成。簡單來說就是利用當地的發電裝置成立小型獨立電網，透過所生產的電力自給自足，降低住家向國家電網購買的電力；生產多餘的電力則可視情況儲存在儲能電池內，或是連接全國電網供給至電力系統，以便將來可在用電高峰期時調回使用。

藉由能源管理控制，提高區域電網容納再生能源的能力，降低尖峰用電，達成「削峰填谷」的功能，朝向節能減碳的目標邁進。而這種微電網最大的好處，就是在全台大停電時，仍可靠自己的發電設備供電，不怕有斷電之虞。



原來這樣吃的安心

雖然說「天然輻射無所不在」，食物中含有微量的背景輻射是很常見的事情，這些微量的背景輻射並不會影響身體健康，但動植物在生長的過程中也有可能受到由人工製造的「人工放射性核種」的污染，若攝取過量對健康就可能造成危害，如增加罹患甲狀腺癌或是其他疾病的風險。

我國政府依照衛生福利部「食品中放射性核種之檢驗方法」，委託核能研究所食品放射性檢測計測室為國民把關，無論是進口食品、酒類、飼料、海魚、畜產、水



		半衰期
碘-131	增加罹患甲狀腺癌的風險	8天
銫-134	分布在軟組織內特別是肌肉組織增加罹癌機率	2年
銫-137		30年

果等，抽樣均必須通過檢測才可以上市販售，歷年來的檢測結果均符合法規標準，讓民眾可以吃得安心，安心的吃。

檢測的過程分成兩個階段，首先偵測送檢樣品的外包裝，再將其打碎、分裝，放入容器中進行 1,000 秒的檢測，若檢測未通過會再次進行 6,000 秒的檢測，仍是未通過的話則禁止上市。這次在展覽期間也提供樣品，讓民眾也可以親自動手量量看，了解檢測的過程如何進行。

核子事故發生時該怎麼辦？

核電廠發生核子事故時會發布警報，並透過巡迴廣播車、民政廣播系統、電視、收音機、手機簡訊等方式進行告知。「響 1 秒、停 1 秒，重複 25 次，持續 50 秒，接續進行事故廣播」是事故發生時的警報，「連續 50 秒長音，接續進行事故解除廣播」則是事故解除警報。

當核子事故發生時必須盡快進行「掩蔽」，若人在室外必須儘快返家或是離開事故影響區域，原則上曝露在室外的食物及飲用水不要食用，也需透過電視或收音機注意最新的狀況；若人在室內，則不要外出，關閉門窗、將空調設備調整為室內循環模式為首要，並做好疏散的準備，同時也在窗戶向外放置「我已被通知進行掩蔽」的指示牌，讓救災人員可以知道你現在的情況，也必須透過電視或收音機，隨時注意最新的狀況；若是在車上則需立即關閉車窗，並打開收音機，儘快開車返家或離開事故影響區域。

另外，核電廠周圍的居民切勿擅自服用碘片，必須在政府下達指示時才可服用碘片，服用的劑量為大人 1 錠，3-12 歲兒童及孕婦 1/2 錠，3 歲以下的兒童則是 1/4 錠，40 歲以上成人不建議服用，有過敏的

人則須先詢問醫師。

若事故狀況持續惡化，且需要疏散時，電視與電台會持續播放疏散的通知，通知核電廠周圍的居民進行疏散。疏散時，記得將家中電源拔除、瓦斯關閉、大門鎖好，家中若有寵物可一起疏散。可自行駕車離開者請在車上放置「我已被通知進行疏散」的指示牌，或者可到離住家最近的集結地點、公車站牌，搭乘政府所準備的車輛前往收容所；行動不便者請在住家外圍放置「我需要協助！」的指示牌，讓救災人員知道你需要支援。若事故發生在上課日，學生將由校方帶領，統一安置於指定的接待學校。

而這次科普展最有趣的，就是可以透過虛擬實境，模擬核子事故發生時的情況，藉此學習該如何進行室內掩蔽，在進行疏散時需要攜帶哪些物品在防災包內等。

「小鈾」去哪兒？乾式貯存場 Go!

核能發電的原料「核燃料」是由一塊塊的小鈾所組成，這些小鈾就是核燃料丸，而這些小鈾在完成發電的使命後最終將去哪裡呢？

發完電的小鈾現今都還住在核電廠內的用過核燃料池，因為在退出核反應爐後的小鈾具有較高的放射性及熱量，必須先在電廠內的用過核燃料池中休息一段時間來降溫。待熱量及放射性自然衰減至一定的程度後，就可以將小鈾裝在金屬容器裡面，填充如氦氣等惰性氣體後加以密封，外圍還有一層混凝土護箱，以及最外層的





屏蔽容器。小鈾在一共 3 層的保護、確保輻射劑量不外洩的情況下，才可轉移至乾式貯存場，藉由空氣自然對流、帶走熱量的原理來替小鈾進行冷卻。

結語

行政院原子能委員會利用這次的科普展，把核能研究所實驗室中重要的研發成果搬到了華山，每個攤位也都設有專員替民眾進行解說，並與民眾進行互動。為了可讓民眾親自動手、體驗，這次的展覽設有「輻射搜查線、原子能小學堂、輻災防救小尖兵、災防有意思」等 4 關闖關遊戲。輻射搜查線關卡為使用輻射偵測儀搜查看不見、摸不到的輻射，找尋天然礦石；原子能小學堂讓小朋友透過喜歡的遊戲、畫圖等，學習原子能的知識；輻災防救小尖兵與災防有意思則是透過虛擬實境，帶大家完成核災室內掩蔽的各項動作，並學習該如何準備災防包等。這次的科普展反應熱烈，三天的展覽總共吸引到超過 3,500 位民眾參與，可見透過互動式、現場設有小實驗的教育，比單方面的宣導更為有趣、好玩。

（本文資訊來源感謝行政院原子能委員會、核能研究所協助提供）

小知識

核燃料的燃料棒護套及其內由高密度陶瓷性二氧化鈾製成的燃料丸，會將核分裂產生的放射性物質包封在內，此為核燃料本身即具有的安全性設計，所以平時的小鈾就有燃料保護套保護著了喔！

波蘭學者呼籲 德國應終止廢核政策

譯 **編輯室**

由近 100 位波蘭環保人士與科學家，一同向德國總理與民眾寫了一封公開信，要求德國重新考慮其廢核計畫。德國各公用事業公司（即電力公司）因國家能源轉型政策，將陸續關閉所持有的核電廠。德國「能源轉型」是梅克爾政府為因應 2011 年福島核子事故後而引入，當時德國有 1/4 的電力都是來自核能。

信的內容大致如下：「作為德國鄰國與歐盟的公民，代表很多團體與組織，我們意識到氣候變遷為生物圈帶來全球史無前例的威脅，我們懇請德國重新考慮政府於 2011 年作出『德國將全面廢核』的決定。

根據聯合國氣候變化專門委員會（IPCC）估算，我們將在 2030-2052 年間達到全球氣溫上升攝氏 1.5 度的情況，同時 IPCC 的報告以及數十份來自國際間其他機構、學者的報告與研究，都預測全球暖化將對環境帶來毀滅性的影響。IPCC 的報告還指出，未來氣候變遷所帶來的威脅將取決於暖化的速度、最大值以及時間。這份報告強調我們必須得將上升的範圍維持在攝氏 1.5 度左右，來限制全球暖化對各種生態系所帶來的危害，這其中有數十億人口與數千種生物都賴此生存。

由 IPCC 所預測的情境中，若全球暖化的幅度不超過、或僅略微超過攝氏 1.5 度，全球人為二氧化碳的淨排放量將比 2010 年下降約 45%，人類需要在農業、保護和恢復自然棲息地，最重要的是能源這個部分，做出迅速且深遠的改善。在多數上升幅度在攝氏 1.5 度以內、或是略高出這個數值的預測情境中，核能發電的占比都預期將往上提升。

我們認為，在終止使用硬煤、褐煤發電以前摒除核能，將在短期內造成不易克服的技術性問題，也將需要持續的使用化石燃料發電，結論就是仍然無法達到快速、有效的降低碳排放。如同 IPCC 數百名科學家所說，只有迅速、有效的淘汰化石燃料，才能讓我們有機會將全球暖化控制在攝氏 1.5 度上下，以確保數十億人的未來，這也是我們呼籲德國重新考慮終止核電使用的決定，或是延長核電使用到廢除燃煤發電、再生能源儲能設備完善時再終止核電，這將有效加速我們降低碳排放。

這就是我們寫這封信懇求你們的原因，我們的鄰居。」

資料來源：
World Nuclear News. “Polish academics urge end to Germany’s nuclear phaseout.” May 14, 2019.

福島第一核電廠 3 號機開始燃料移除作業

譯 編輯室

日本首相安倍晉三時隔 5 年後在今（2019）年 4 月中再次至福島第一核電廠進行視察，東京電力公司（TEPCO）也預定此時開始福島第一核電廠 3 號機組用過核燃料的移除作業，這也是東電首度從爐心熔毀的核電機組中將核燃料移出。

儲存在福島第一核電廠 3 號機燃料池、一共 566 束的用過核燃料束，將陸續被轉移至運輸用容器內，然後將容器自池中吊起、清洗，再運送至附近的貯存設施。在控制中心進行用過核燃料的轉移工作原本是很正常的事，但在福島第一核電廠員工，則必須在 1,500 公尺遠的專用設施執行這項工作。

東京電力公司將對這些燃料進行檢查，並在轉移至共用儲存池前將燃料清洗乾淨，清除所有殘留的灰塵和燃料碎屑。檢測結果表示，3 號機燃料池內的燃料元件沒有明顯的損壞。透過移除用過核燃料，東京電力公司



日本首相安倍晉三(右二)自 2013 年 9 月後再度至福島第一核電廠進行視察，圖左為將進行燃料移除作業的 3 號機，自圖中可看出目前廠內大部分的區域均已不需要穿著防護衣。(圖片來源：東京電力公司)

將大大減少 4 座受損反應爐中放射性廢棄物的庫存量，相同的作業也在 2014 年底時在 4 號機完成，自該座機組燃料池中移除共 1,331 束的核燃料束。

安倍首相也在 3 號機燃料移除作業的首日，到除役中的福島第一核電廠進行訪問，了解 1-4 號機的除汙現況，以及 3 號機的汙水處理與用過核燃料移除作業等，安倍也向電廠工作人員表達感謝，對不再需要穿著防護衣感到讚賞，「透過認真的努力，相關除役作業正逐步向前邁進。」東京電力公司對此也表示未來將會致力在社會的理解與配合下，持續穩定、安全的進行除役。

另外，安倍這次也一同參觀了 J-Village，這座國家足球訓練中心在福島核子事故發生時曾做為事故的應變據點，現在即將恢復原用途，也將成為 2020 年東京奧運會與殘奧會聖火傳遞的出發地。安倍還參加了大熊町政府辦公室重新開放的慶祝儀式，安倍對此表示，希望這是邁向全面復甦的第一步。大熊町為距離福島第一核電廠最近的城鎮，該地區已在今年 4 月 10 日首次解除南方與西南方的避難指示。

福島第一核電廠所在地區首次解除部分避難指示

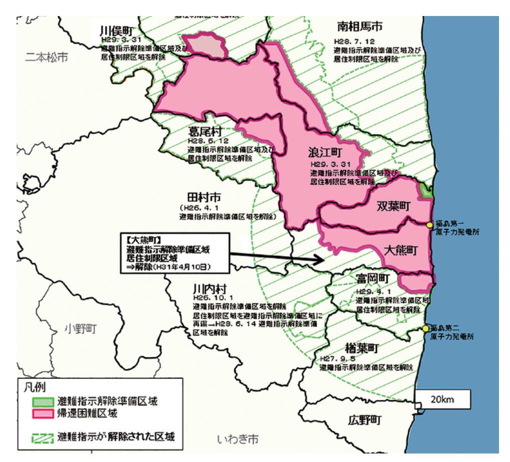
福島第一核電廠橫跨兩個市政區的邊界，電廠南側座落在大熊町，北側則是在雙葉町。隨著 2011 年事故的發生，居住在大熊町、雙葉町與電廠周圍 20 公里內其他城鎮的居民都進行了疏散。根據當局的計算當時有 164,000 位民眾離開家園進行避難，現在這個數字已降低至 43,000，占福島縣人口的 2.3% 左右。

大熊町的空氣輻射調查水平自事故發生後已下降了 88% 以上，主要是透過如降雨沖刷掉表面的汙染，以及土壤與植被翻轉等自然現象，受到較大影響的地區日本政府則是利用清除表面的土壤來加速這項進程。事故中的主要汙染源銫 137 的半衰期為 30 年，因此在過去 8 年內已經自然減少了 17% 的放射性。

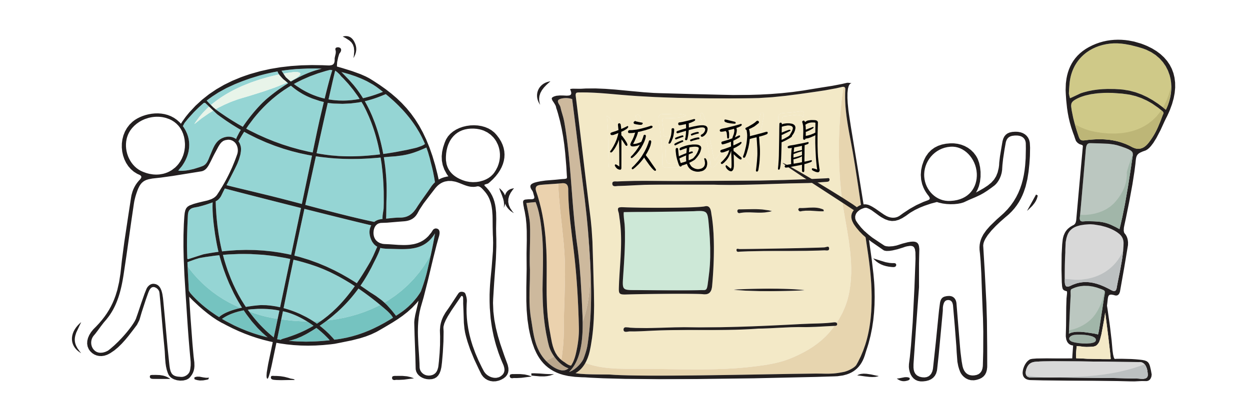
福島核子事故發生後東京電力公司在大熊町分別設立一座膳食服務中心與研究中心，為福島電廠輪班的數千名工作人員提供食物，同時研究該電廠相關的固體放射性廢棄物。除了大熊町新建的政府辦公室已正式啟用，已解除避難指示地區的學校在一年前也都已重新開放，日本政府希望可以在 2020 年 4 月恢復在日本東部沿岸主要鐵路「常磐線」的營運。

資料來源：

1. World Nuclear News. "Fuel removal starts at Fukushima Daiichi 3." April 15, 2019.
2. World Nuclear News. "Evacuation order lifted in Fukushima host town." April 10, 2019.
3. TEPCO. "Prime Minister Shinzo Abe visits the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station." April 14, 2019.



大熊町自發生福島核子事故以來首次解除部分避難指示（箭頭指示處）。（圖片來源：福島縣廳）



國外新聞

美國三哩島核電廠將除役

美國Exelon公司在最近表示，由於Exelon必須在6月1日前為三哩島（Three Mile Island）核電廠1號機的下個運轉週期購買燃料，而賓州的核能補貼法案至今仍然沒有任何結果，因此將在今（2019）年9月30日提早關閉三哩島核電廠最後一部運轉中的機組。Exelon在2017年中時就已宣布，若沒有補助政策的改革來支持該電廠的營運，這座擁有45年歷史的壓水式反應爐將被迫提早於2019年關閉。

美國近年來由於廉價的頁岩氣與再生能源使用的增加導致電價受到抑制，一些核電廠在過去5年因為不符合經濟效益因而關閉。紐約州、伊利諾州、康乃狄克州與紐澤西州在內的幾個州政府均已採用補貼的方式來維持各州核電廠的運轉，但賓州和俄亥俄州仍在考慮是否應為此制訂法律。

Exelon公司指出，賓州的核電廠對減少賓州碳排放和維持環境與經濟效益的作用仍然很大，但Exelon看不到有任何政策可能在燃料採購截止日期前進行修正，「雖然三哩島1號機將關閉，賓州還有其他8座零碳排放的核電廠，我們將繼續與立法機關和所有的利害關係者制定政策，確保賓州州民擁有清潔能源的未來。」而賓州州長沃爾夫（Tom Wolf）也對三哩島核電廠將關閉感到失望：「我認為未來仍必須持續維持『賓州零碳足跡』的溝通，希望我們能在未來幾週內達成共識。」

三哩島核電廠另外一部機組（2號機）在1979年時發生了部分爐心熔毀的核子事故，所幸沒有造成任何人員傷亡，該部機組也從當時停用至今。

World Nuclear News, 05/09/2019

芬蘭高放處置場最新進展

芬蘭放射性廢棄物管理公司Posiva在最近宣布，芬蘭高放射性廢棄物處置場地下實驗性設施昂克洛（Onkalo）的全面系統測試（Full-scale in situ system test，FISST）已進行至沉積隧道末端混

凝土澆置階段。這項測試在地下約 420 公尺深的一條 50 公尺長隧道內放置兩個內部含有加熱元件的用過核燃料測試容器，用來模擬用過核燃料的餘熱，並使用約 500 個感測器監控隧道內的情況，監測時間將維持數年。這項測試主要是為確保存有用過核燃料的銅鋼儲存容器，在岩石隧道中貯存，以及使用膨潤土回填隧道並用鋼筋混凝土封塞（concrete plugs）將隧道密封後的機能性。

去（2018）年夏天 Posiva 公司就已在用來裝置用過核燃料貯存容器的測試坑洞中放置好貯存容器與緩衝物質，並在夏季結束時開始使用塊狀膨潤土回填隧道，回填工程於去年 12 月完工。隧道尾端的混凝土澆置工程將於最近開始，將澆置一共 130 立方公尺的混凝土來形成混凝土封塞。Posiva 公司表示，混凝土澆置工程將在 12 小時內完成，一旦移除混凝土的支撐模板後，封塞的表面將是這項測試中剩餘唯一可看見的地方。

待完成這次的全面系統測試後，Posiva 公司將進行另一項的綜合系統測試，在不使用用過核燃料下檢測最終處置的操作，這項測試將可提供更多最終處置過程各個階段功能性的訊息。

這座位於歐基盧歐圖（Olkiluoto）附近的地下實驗室在 2000 年時確認將成為芬蘭用過核燃料最終處置場設置地，由芬蘭兩間核電公司 Fortum 和 Teollisuuden Voima Oyj 聯合成立的 Posiva 公司，也在 2013 年底向政府提交工程許可申請，芬蘭政府也在 2015 年時批准，建設工程於 2016 年開始，該座用過核燃料最終處置場預計將在 2023 年開始營運，但在這之前 Posiva 公司仍需要獲得該座設施的營運許可。

World Nuclear News, 05/09/2019

韓國製反應爐 APR-1400 獲美國核管會批准

韓國國營電力公司（KEPCO）與子公司韓國水力與核電公司（KHNP）在 2013 年 9 月時首次向美國核能管制委員會（NRC）提交共同研發的第三代核反應爐 APR-1400 設計的驗證申請，並在 2014 年底提交改進版本。NRC 在 2015 年 3 月正式開始審查過程，並在最近給予認證，表示該設計符合所有要求的安全標準，未來可在美國核電廠建造。

NRC 設立的認證程序，目的是為了確定反應爐設計不論是在任何的特定場所或施工計畫下都符合美國安全要求，這項決定將在「聯邦法律法案」公布後 120 天生效。NRC 表示，完整的認證可在電力公司申請建造和運營核電廠的許可證時供參考。APR-1400 是 NRC 認證的第六種反應爐設計，其他 5 種為通用電氣的進步型沸水式反應爐（ABWR）與經濟簡化沸水式反應爐（ESBWR），以及西屋電氣的 System 80+、AP600 和 AP1000 反應爐等。

APR-1400 在韓國國內的認證則是於 2003 年 5 月由韓國核安全研究所頒布，在 2008 年和 2009 年就已開始在新古里核電廠建造首兩座的 APR-1400，3 號機已於 2016 年底開始商轉，4 號機則在最近併網發電，離正式商轉不遠。此外，韓國還有新古里核電廠 5、6 號以及新韓蔚核電廠 1、

2 號機，以及在阿拉伯聯合大公國的巴拉克（Barakah）核電廠 1-4 號機，一共 8 部 APR-1400 在建造中。

Nuclear Engineering International, 05/14/2019

車諾比核電廠用過核燃料貯存設施開始進行最終測試

烏克蘭最近開始對車諾比核電廠剛完工的用過核燃料乾式貯存設施（ISF2）進行最後的整體測試，該座混凝土式的乾貯設施計畫於 1990 年代後期就已開始，但因為前承包商的技術無法達到該座乾貯設施的功能設計與監管要求導致工程停滯不前，直到 2011 年由美國 Holtec 公司接手才得以繼續，該座乾貯設施未來將用來處理與儲存車諾比除役中 1-3 號機組的用過核燃料。Holtec 公司對此表示，當初這座乾貯設施的設備因為長時間缺乏維護導致品質低下，當時看起來幾乎不可能完成建設，能有今天的成功無疑是一個里程碑。

1986 年 4 月 26 日，車諾比核電廠發生了歷史上最嚴重的核子事故，由於工作人員在 4 號機進行供電測試時違反制度而發生失控的意外，導致 4 號機嚴重毀損。但是，車諾比核電廠其他 3 部機組所產生的電力對當時的烏克蘭來說至關重要，因此仍持續運轉多年，2 號機到 1991 年才除役，1、3 號機則分別運轉至 1996 與 2000 年。在獲得烏克蘭監管機構批准後於去（2018）年 4 月正式進入除役階段，而該座乾貯設施將可容納車諾比核電廠運轉期間所有的用過核燃料至少 100 年。

另外，Holtec 公司與烏克蘭核電廠營運公司 Energoatom 也將在車諾比核電廠另建一座不鏽鋼式的乾貯設施（CSFSF），接收來自烏克蘭 15 部核電機組其中 9 部的用過核燃料，建設工程已於 2017 年 11 月開始，這也代表烏克蘭未來將不再需要每年支付 2 億美元的費用給俄羅斯，幫助烏克蘭運送與再處理用過核燃料。

World Nuclear News, 05/07/2019

波蘭已開始為建造核電廠做準備

波蘭能源部長徹哲夫斯基（Krzysztof Tchórzewski）在最近受訪時告訴媒體，波蘭正準備在北部的波美拉尼雅（Pomerania）地區建造波蘭首座核電廠。徹哲夫斯基也提到，這個地區的居民一直在為核電廠的建設做準備，他們也訪問了其他國家運轉中的核電廠，因此從某種程度來講政府已獲得社會上的同意。

另外，徹哲夫斯基還補充，核電廠是屬於建造時期較為昂貴的建設，尤其是在安全性方面，但到運轉時所需要的成本則便宜許多；與燃煤發電廠相比，核電廠在營運所需要的燃料更少。而根據波蘭能源部去（2018）年公布的能源政策草案，核能預計在 2043 年可提供 6-9 百萬瓩的裝置容量，占波蘭國家電力的 10%。首座核電廠的確切地點將在 2020 年決定，首部機組預計在 2033 年完工，該核電廠總共將設立 6 部機組，預計將在 2043 年投入運轉，但波蘭政府目前尚未批准對 6 部機組建設的融資計畫。

World Nuclear News, 05/16/2019

國內新聞

環保署通過核一廠除役計畫及核二廠一期乾貯作業

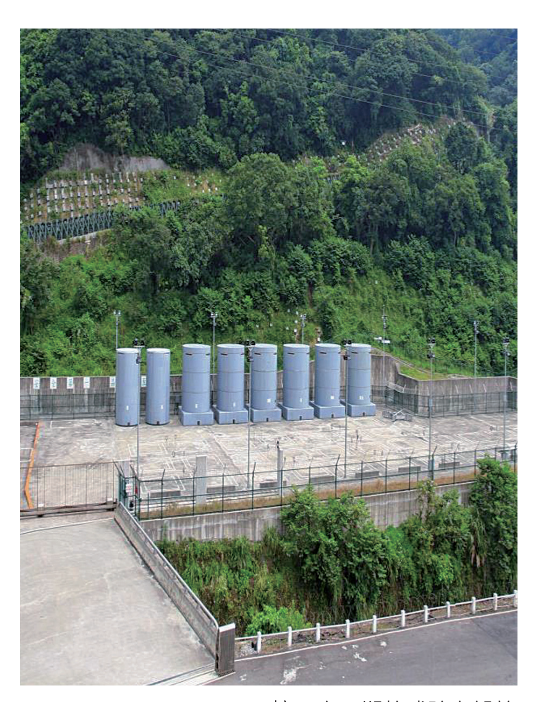
核一廠除役環評審查以及核二廠用過核燃料中期貯存計畫，其第 2 次環境影響差異分析報告審查於 108 年 5 月 15 日，經環保署環境影響評估審查委員會審核修正通過。原能會為核能安全主管機關，說明如下：

1. 核二廠一期乾貯設施有助於盡早移出燃料池的用過核燃料，以利核二廠執行後續除役拆廠作業。未來興建期間，原能會將派員嚴格檢查，以確保乾貯設施營運安全。另台電公司「核二廠除役計畫」已規劃二期乾貯設施將採室內貯存型式，可容納核二廠全部用過核燃料。

2. 原能會已於 106 年 6 月完成核一廠除役計畫安全審查作業，環保署審核通過核一廠除役計畫環境影響評估說明書後，原能會將確認台電公司已取得環保署認可之環境影響評估相關資料後，辦理後續核一廠除役許可核發作業。

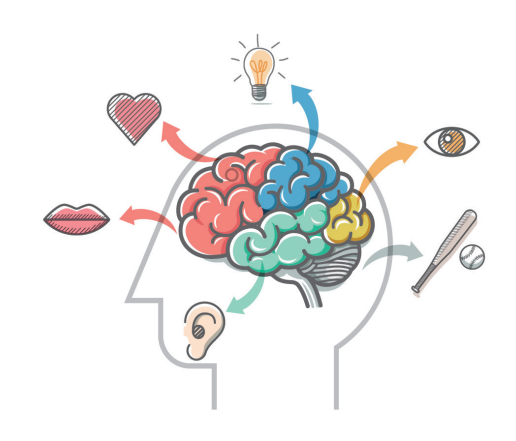
3. 原能會核發除役許可後，除要求台電公司確實依除役計畫執行相關作業外，對於除役的輻射調查、廠房設備除污拆除作業等，也已要求於作業前提出詳細計畫，送原能會審查通過後據以執行；對於核燃料安全、輻射防護與放射性廢棄物管理等，已要求依法規落實執行。原能會於除役期間將執行相關視察及安全審查作業，確保各項作業均能符合安全的要求與品質的目標。

本刊訊，2019/5/15



核一廠一期乾式貯存設施





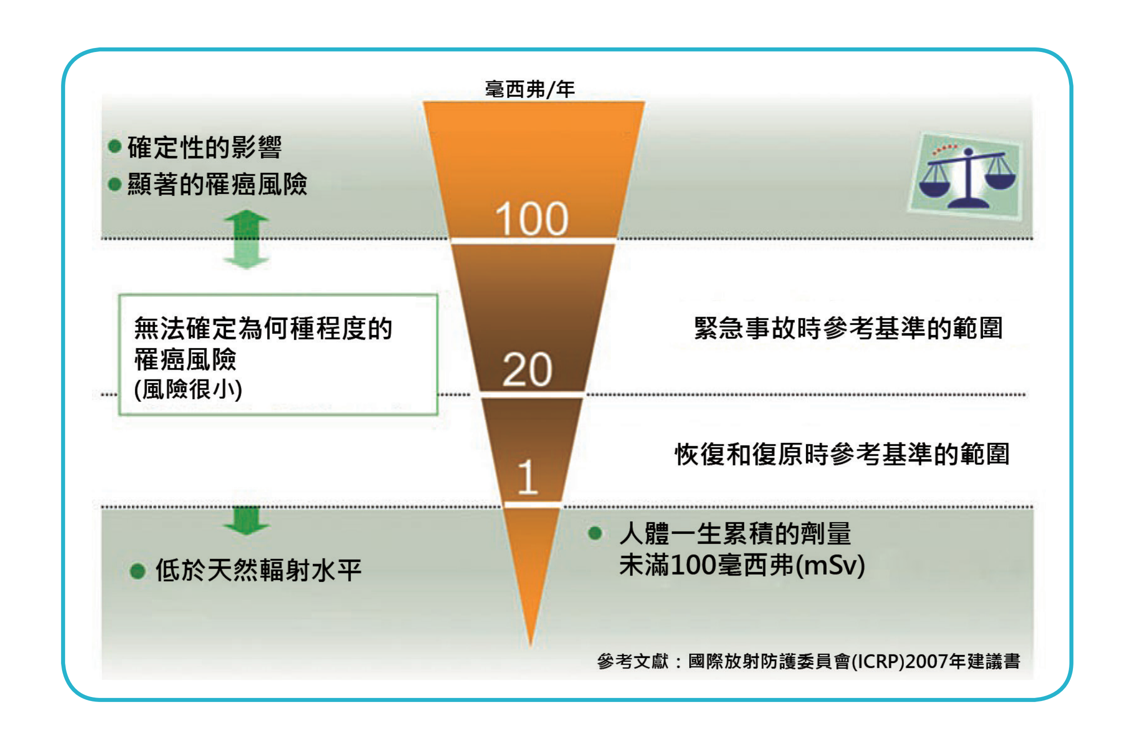
什麼是放射性與輻射？（十四）

譯 朱鐵吉

Q 曝露劑量與健康風險的關係？

A 接受到 100-200 毫西弗以上的劑量，科學上已證明致癌的風險會增加。所以發生緊急輻射事故時，為了防止健康受到損害，政府須設定每年 100 毫西弗的參考基準。

隨著事故逐漸平復，少數人接受到比參考基準值還要高的劑量時，為了抑制未來有可能增加的罹癌風險，政府就會把（年）基準值往下調降



（如 1-20 毫西弗等），來促進民眾控制自身的曝露劑量。

公眾曝露劑量的限度是每年 1 毫西弗，可能會被誤解成接受到超過這個劑量的曝露就有危險、在此劑量內就沒有關係，劑量限值並不是安全與危險的界線。另一方面，也不能說接受 1 毫西弗的曝露就無所謂，考慮到現實各種情況，原則是盡可能地減少曝露。

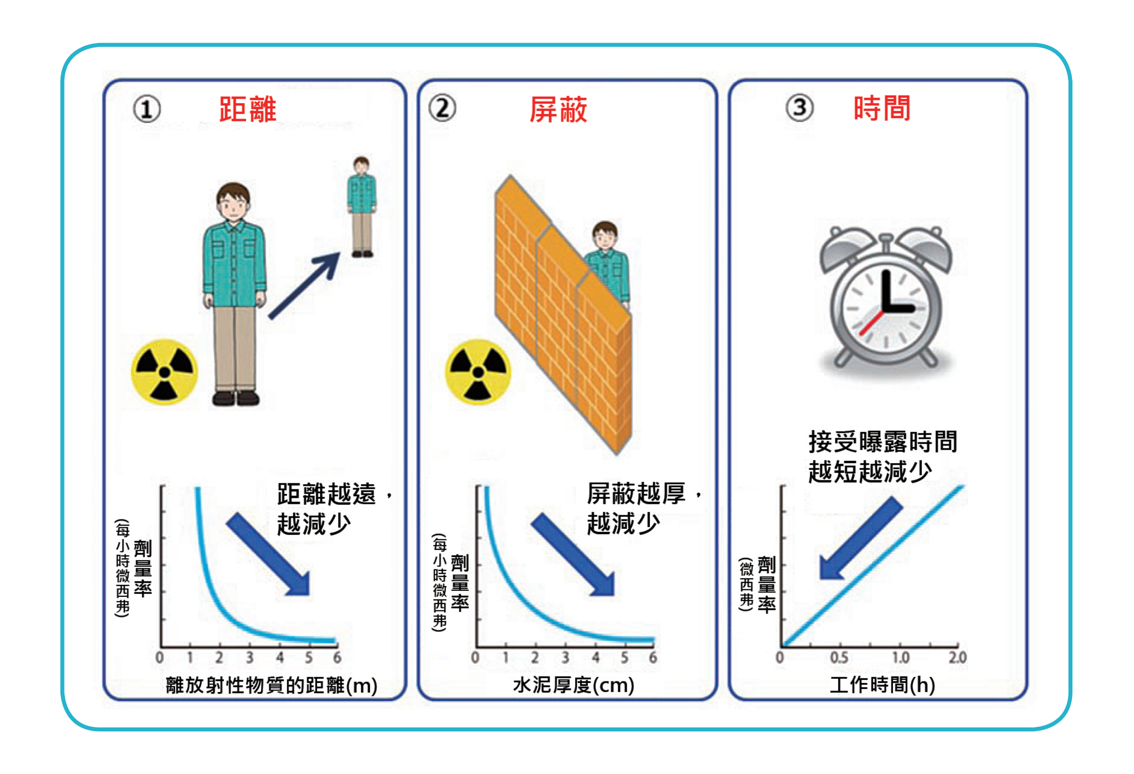
Q 如何減少體外曝露？

A 減少體外輻射曝露有 3 種方式：

第一，距離射源越遠越好，譬如除去受到放射性污染的土壤，提高生活環境的品質，減少輻射的曝露。

第二，以屏蔽方式減低輻射強度，若地面土壤受到放射性污染時，可以取底部未受污染的土壤覆蓋在污染的土壤上面，以有效的防止輻射逸出。

第三，減少在空間劑量率高的場所逗留的時間。





如何除去食物中的放射性銫？

A 東京電力福島第一核電廠發生事故後，在當地的蔬菜表面偵測出附著了放射性物質，但這可以用洗滌的方式去除。目前蔬菜表面已沒有附著放射性物質，不過土壤中還留有放射性物質，部分經由根部吸收而進入蔬菜內，所以在烹調時除去蔬菜中的放射性銫是必要的過程。

由下表顯示，各種料理方法從蔬菜中除去放射性銫的效果各異。烹煮蔬菜時間愈長，除去率愈大，此時蔬菜中細胞被破壞，而使細胞中的放射性銫轉移入湯汁中。用鹽醃漬蔬菜時，因為醃漬時間長，放射性銫的除去率提高。

煮食肉和魚類時，放射性銫會轉移到湯汁內，因此捨去湯汁可以減少放射性銫的含量。水煮與燒烤方式相比，水煮的放射性銫除去率較高。

更多詳細的數據請參照：http://www.rwmc.or.jp/library/other/kankyo/

各種料理方式減少食物中放射性物質的除去率

品目	料理或加工法	除去率(%)
米	白米–水洗–烹煮	66~72
菠菜	水洗–汆燙	7~78
竹筍	水洗–汆燙	26~36
栗子	汆燙–去皮	11~34
蘿蔔	去皮	24~46
梅	鹽漬	34~43
櫻葉	鹽漬	78~87
乾香菇	泡水(勿使用浸泡的水)	51~54
牛肉	細切後汆燙(涮牛肉)	55~69
魚(胡瓜魚)	醃漬	22~32

● 不適宜大量食用野生的食物

$$\text{除去率（\%）} = \left(1 - \frac{\text{料理或加工後的食品(料理加工品中放射性總量(Bq))}}{\text{材料中的放射性總量(Bq)}}\right) \times 100$$

參考文獻：日本原子力環境整備促進資金管理中心
(環境參數、系列增補版(2013)食品的料理、加工對放射性核種的除去率–日本放射性銫除去率數據中心–)，2013年9月

發生核災後，我該如何因應？

A 關於體內曝露，可以從呼吸吸入和經由食品攝取兩方面來考量，假設兒童在空間輻射劑量高的地方進行戶外活動，體內輻射曝露的程度約只會有 2~3% 的程度，大部分的曝露都屬於體外曝露，因此不用太過擔心吸入體內的劑量，如果日常的衛生管理（洗澡、理髮、洗手、清潔、洗滌等）有做好都會有一定的效果。

另一方面，經口攝取野生的食物、安全性無法確認的食品，都要特別注意，尤其是蕨類植物或菇類，它們具有會將銫加以濃縮的特性。

由於體內曝露與空間劑量率的不同，不易進行自我檢測，這個時候就需要參考政府於災後公布的檢測數值了。

- **原則上不要讓放射性物質從口、鼻、傷口進入體內。**
- **不應因過分擔心在基準值以下殘存的微量放射性物質而破壞飲食均衡。**
- **注意放射性物質的訊息。**
- **立即清洗身體、鞋子、衣服上附著的泥土。**



本單元資料來源：日本環境省《輻射的基礎知識與健康影響》第四章：防護的概念，p.163-166, 2016





原子能科技科普展



VR新體驗



災防有意思

你知道核子事故發生時，待在家裡比到處亂跑安全嗎？
該怎麼才能保護你我！透過VR技術，邀你走入虛擬世界，身歷核子事故的家中場景。
更多災防資訊可下載「全民原能會」APP!

起點

事故警報要認好

事故發生警報：響一秒，停一秒，重複二十五次，持續五十秒，接續進行語音廣播。
事故解除警報：長音五十秒，接續進行語音廣播。

好的開始加油！





從電視獲得資訊（前進1格）

輻射不要來

避免和輻射接觸的小秘訣：

- 不要外出。
- 緊閉門窗。
- 空調轉為室內循環模式。

我們需要知道你怎麼了

我已被通知進行掩蔽

最後，別忘了在窗戶上貼上"我正在掩蔽"的指示牌，讓救災人員知道你的情況。



就差一步！

緊急避難包你準備好了嗎？

整理好必備物品後，災防包請置於家中隨手可拿之處，物品也別忘了隨時檢查更新喔！



室外的食物和水不碰





















行政院原子能委員會